

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche
« Toxicologie Fondamentale et appliquée »

THÈME

**Utilisation des huiles essentielles à base
d'agrumes contre *Tribolium confusum*
ravageur des denrées stockées**

Présenté Par :

Melle Allag Yasmina et Melle Yahyaoui ibtihel Nour El Hayat

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Présidente	Bouchelagham S.	Pr.	Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Examinatrice	Benabdallah A.	MCA	Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Examinatrice	Amoura M.	MCA	Université Chadli Bendjedid El-Tarf

Année universitaire 2021 - 2022

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier vivement ALLAH, Le Clément, Le Miséricordieux, de Lui seul revient notre réussite et notre bonheur. Il nous a donné la santé et beaucoup de persévérance et de volonté pour surmonter les difficultés durant nos études et pour achever ce modeste travail.

Un vif remerciement à notre encadreur Mme. Amoura M qui nous a donné beaucoup de conseils et nous a dirigé du mieux qu'il pouvait. Nous le remercions chaleureusement de la confiance qu'il nous a toujours accordée durant ces mois.

Nous souhaitons exprimer toute notre gratitude aux membres de la commission d'évaluation pour le temps qu'ils ont consacré à évaluer notre travail.

Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants du Département de Biologie pour leurs aides et leur orientation durant notre formation.

Nos derniers remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Ibtihel & yasmina

Dédicaces

Je remercie ALLAH, le tout puissant pour m'avoir aidé à élaborer ce travail et qui m'a donné la patience par rapport aux moments difficiles rencontrés sur mon chemin.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui m'ont soutenue tout au long de ma vie.

A ma tendre mère " Samira " qui m'a toujours aidé à faire le bon choix dans ma vie et qui m'a aidé avec son soutien et ses conseils.

A papa " Nacer " qui m'a beaucoup aidé par son soutien, sa compréhension et ses encouragements.

A mes chères frères Mouncef Mohammed el-hadi, Fichem et ma grand-mère Zebida. Et ma charmante cousine " dikra yasmine "

A toute la famille Hamla.

A mes charmantes amies Amani et yasmîna et toutes sa famille.

A tous ceux qui sont pour la science, le savoir... Je dédie ce travail.

Ibtihel

Dédicace

Je remercie DIEU de m'avoir donné le courage et la force pour accomplir ce modeste travail que je dédie :

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit Non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre Heureuse: mon adorable mère **Sabah**.*

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite Et tout mon respect : mon cher père **Rabah**.*

*À mes chères sœurs **Asma, Zineb et Zahra** qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.*

Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

À toute ma famille, mes tantes et mes oncles, mes cousins et mes cousines .

*À mes autres sœurs **Yasmina et Zineb** Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.*

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

*Sans oublier mon binôme **ibtihel** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet*

Yasmina

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation de l'effet répulsif et bioinsecticide de l'huile essentielle de l'orange sanguine *Citrus sinensis tarroco* récolté de la région d'El Tarf, sur des adultes de l'insecte ravageur *Tribolium confusum* Duval. Le rendement obtenu de l'HE par hydro-distillateur de type Clévenger, est de l'ordre de 1.51%. Sachant que le rendement de l'HE est varié selon la nature et l'origine de la plante utilisée, nos résultats confirment la bonne qualité des agrumes de notre région. Selon le classement de **McDonald et al.** (1970), nos résultats montrent que l'HE de l'orange sanguine est très répulsif, elle appartient à la classe (V), avec un taux de répulsion de 83,33 %. L'effet bioinsecticide de l'HE à l'égard des adultes a montré une activité très intéressante, une dose de 210µL/L air de cette huile été suffisante pour provoquer la mort de l'ensemble des individus traités après 24h d'exposition. Les résultats obtenus, suggèrent l'usage de l'HE de l'orange sanguine de notre région, en particulier dans les entrepôts de stockage des grains.

Mots clé : Huile essentielle, *Citrus sinensis tarroco*, *Tribolium confusum* DuVal, Effet répulsif, Effet bioinsecticide, Fumigation.

ملخص

تركز هذه الدراسة على تقييم التأثير الطارد للحشرات و المبيدات الحيوية للزيت العطري للبرتقال الاحمر citrus sinensis tarocco المحصول من منطقة الطارف , على الحشرات البالغة Tribolium confusum Duval . العائد الذي تم الحصول عليه من الزيت الاساسي بواسطة التقطير المائي من نوع clevenger يبلغ حوالي 1.51% . مع العلم ان محصول EO يختلف باختلاف طبيعة و اصل النبات المستخدم . تؤكد نتائجنا جودة طبيعة و اصل الحمضيات في منطقتنا . وفقا لتصنيف McDonald et al.,1970 اظهرت نتائجنا ان الزيت العطري طارد للغاية ينتمي لفئة (V) بمعدل طارد يبلغ 83.33% اظهرت تأثير المبيدات الحيوية للاكسدة الحشرية على البالغين نشاطا مثيرا للاهتمام للغاية , حيث كانت جرعة 210 µ/L من هذا الزيت في الهواء كافية للتسبب في وفاة جميع الافراد الذين عولجوا بعد 24 ساعة من التعرض . تشير النتائج المتحصل عليها الى استخدام الزيت الاساسي من البرتقال الحمر في منطقتنا , لا سيما في مستودعات تخزين الحبوب .

الكلمات المفتاحية: زيت عطري , حمضيات Tribolium confusum , Citrus sinensis , تأثير طارد , تأثير مبيدات الحشرات الحيوية , التبخير.

Abstract

The present study deals with the evaluation of the repellent and bioinsecticidal effect of the essential oil of the blood orange *Citrus sinensis* tarroco harvested from the region of El Tarf, on adults of the insect pest *Tribolium confusum* Duval . The yield obtained from the EO by hydro-distillation of the Clevenger type, is of the order of 1.51%. Knowing that the yield of EO is varied according to the nature and origin of the plant used, our results confirm the good quality of citrus fruits from our region. According to the classification of McDonald et al (1970), our results show that the EO of blood orange is very repellent, it belongs to the class (V), with a repellency rate of 83.33%. The bioinsecticidal effect of the EO towards adults showed a very interesting activity, a dose of 210 μ L/L air of this oil was sufficient to cause the death of all the treated individuals after 24h of exposure. The results obtained suggest the use of blood orange EO from our region, particularly in grain storage facilities.

Key words: Essential oil, *Citrus sinensis* tarroco, *Tribolium confusum* Duval , Repellent effect, Bioinsecticidal effect, Fumigation.

Sommaire

I. Introduction	1
-----------------------	---

Chapitre I : généralité sur *Tribolium confusum*

1. Présentation du genre <i>Tribolium</i>	4
1.2. Origine et Répartition géographique de l'insecte <i>Tribolium confusum</i>	4
1.3. Morphologie de l'insecte <i>Tribolium confusum</i>	5
1.4. Description et cycle de développement de <i>Tribolium confusum</i>	6
1.5. Cycle évolutif de <i>Tribolium confusum</i>	9
1.6. La distinction entre le mâle et la femelle chez l'espèce de <i>Tribolium confusum</i>	9
1.7. Régime alimentaire et dégâts causés par <i>Tribolium confusum</i>	10
1.8. Les ennemies naturelles de <i>Tribolium confusum</i>	11
1.9. Les moyens de lutte contre le <i>Tribolium confusum</i>	11
1.9.1. La lutte préventive	11
1.9.2. La lutte curative	11
1.9.3. La lutte chimique	12
1.9.4. La lutte biotechnologique.....	12
1.9.5. La lutte biologique	12
1.9.6. La phytothérapie	13

Chapitre II: Généralité sur les agrumes

1. Définition des agrumes	14
2. Importance de l'agrumiculture en Algérie	14
3. Les zones de production.....	15
4. Position systématique des agrumes	15
5. Composition chimique globale des écorces d'agrumes.....	16
6. Variétés d'agrumes du genre <i>Citrus</i>	17
6.2. Les citrons (<i>citrus limon</i>).....	17
6.1. Les mandarines (<i>citrus reticulata</i>).....	17
6.3. Pomélo (<i>Citrus paradial</i>).....	18
6.4. Les clémentines (<i>Citrus clementina</i>)	19
6.5. L'oranger (<i>Citrus sinensis</i>)	19
6.5.1 .Description botanique, morphologique et physiologique	20

6.5.2. Composition chimique d'orange.....	20
6.5. 3. Structure morphologique du fruit.....	23
6.5.4. Cycle de vie des oranges.....	23
6.5.5. Différentes variétés des oranges.....	23

Chapitre III. Généralité sur les huiles essentielles

1. Définition.....	29
2. Localisation des huiles essentielles.....	29
3. Rôle des huiles essentielles pour le règne végétal.....	30
4. Facteurs influençant la composition chimique.....	30
5. Caractéristiques des huiles essentielles.....	30
5.1. Caractères organoleptiques.....	30
5.2. Caractères physico-chimiques.....	31
6. Domaines d'utilisation des huiles essentielles.....	32
7. Sites d'action des huiles essentielles.....	32
8. Choix de la méthode d'extraction des huiles essentielles.....	33
9. Méthodes d'extraction des huiles essentielle.....	33
9.1. Hydrodistillation.....	33
9.2. Extraction par expression à froid.....	34
9.3 Extraction par solvants volatils.....	34
9.4. Extraction par dioxyde de carbone supercritique.....	35
10. Activité biologique des huiles essentielles.....	36
10. 1 .Activité antibactérienne.....	36
10. 2. Activité antiseptique.....	36
10. 3. Activité antifongique.....	36
10. 4. Activité anti radicalaire et antioxydant.....	36
10.5. Activité insecticide.....	37
11. Huile essentielle d'orange sanguine.....	37
12 .Composition chimique.....	38

Chapitre VI. Matériel et méthodes

1. Matériel de laboratoire utilisé.....	39
2. Matériel biologique.....	40
2.1. Présentation de l'insecte ravageur <i>Tribolium confusum</i> Du Val.....	40

2.2. Présentation de l'espèce végétale utilisée <i>Citrus sinensis</i> (sanguine)	42
2.2.1. Présentation scientifique de l'orange (<i>Citrus snensis</i>).....	42
2.3. L'huile essentielle.....	43
3. Méthodes de travail	44
3.1. Elevage de masse d'insecte <i>T. confusum</i>	44
3.2. Extraction et rendement des huiles essentielles.....	44
3.2.1. Méthodes d'extraction	44
3.2.2. Hydrodistillation	45
3.2.3. Calcul du rendement de l'huile essentielle	46
3.2.4. Test de récursivités de l'huile essentielle sur les adultes de <i>T. confusum</i>	47
3.2.5. Le pourcentage et le classement de répulsion.....	48

Chapitre V. Résultats et discussions

1. Le rendement de l'extraction en huile essentielle.....	51
2. Effet des huiles essentielles par répulsion	52
3. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle <i>Citrus sinensis tarocco</i> par fumigation contre les adultes de <i>Tribolium confusum</i>	55

VI. Conclusion

VII. Références bibliographiques

Références bibliographiques.....	60
----------------------------------	----

Listes des Tableaux

Tableau 01. Principaux pays producteurs d'orange dans le bassin méditerranéen	15
Tableau 02. Composition chimique globale de <i>Citrus</i> (pour 100g de fruit).	21
Tableaux 03. La composition biochimique de l'orange sanguine.	25
Tableau 04. la composition chimique d'HE de <i>citrus sinensis</i> rouge	38
Tableau 05. Pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald	48

Liste des figures

Figure 1 : Antenne de <i>T. confusum</i> (Anonyme, 2015).	4
Figure 2 : Antenne de <i>T. Castaneum</i> (Anonyme ,2015).	4
Figure 3: Anatomie d'un <i>Tribolium confusum</i> (Anonyme,2015).	5
Figure 4: méthode de différentiation entre le <i>Tribolium confusum</i> et le <i>Tribolium castaneum</i> (Anonyme, 2018).	6
Figure 5: Les œufs de <i>T. confusum</i> G 40 ×2 (Abahri, 2017).	6
Figure 6: Larve de <i>T. confusum</i> (Didier, 2013).	7
Figure 7: Nymphe de <i>T. confusum</i> (Didier, 2013).	7
Figure 8: Adulte de <i>T. confusum</i> (Didier, 2013).	8
Figure 9: les différents stades de développement de <i>Tribolium confusum</i> (Rrebecca et al, 2003).	8
Figure 10: Image de distinction entre le mâle et la femelle chez l'espèce <i>Tribolium confusum</i> (Anonyme, 2018)	10
Figure 11: Dégâts de <i>T. confusum</i> sur la semoule commerciale (Abahri, 2017).	10
Figure 12: Le fruit du <i>Citrus limon</i>	17
Figure 13: Le fruit du <i>Citrus reticulata</i>	18
Figure 14 : Le fruit du Citrus paradiel	18
Figure 15: L'arbre <i>Citrus clementina</i>	19
Figure 16: Le fruit du <i>Citrus sinensis</i>	19
Figure 17: Coupe longitudinale de l'orange sanguine	24
Figure 18: Variété Sanguinelli, CTA	26
Figure 19: Variété sanguine Moro	27
Figure 20: Variété sanguine <i>Tarocco</i>	28
Figure 21: Schéma du dispositif d'Hydrodistillation	34
Figure 22: dispositif de l'expression à froid	34
Figure 23: Les différents types d'extracteurs par solvants volatils.	35
Figure 24: Schéma du procédé de l'extraction par CO ₂ supercritique.	35
Figure 25: le pourcentage de répulsion des adultes de <i>Tribolium Confusum</i> traités avec les différentes concentrations de l'HE de l'orange sanguine <i>Citrus sinensis tarroco</i>	54
Figure 26: Courbe doses- réponse après 24h	56

Liste des photos

Photo 1: Matériel de laboratoire utilisé,	40
Photo 2: Des adultes de l'insecte ravageur <i>Tribolium confusum</i>	41
Photo3: l'orange tarroco <i>Citrus sinensis</i> (sanguine) (ORIGINALE, 2022)	42
Photon 4 : L'huile essentielle de l'orange sanguine (Originale, 2022)	44
Photo 5: élevage de masse de <i>T.confusum</i> (Originale, 2022).....	44
Photon 6: Appareil d'hydrodistillateur de type Clévenger (Original, 2022) laboratoire pédagogique de Phytochimie.	45
Photo7: Préparation des écorces pour l'extraction (Original, 2022).	46
Photo8: Test de l'effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre (Originale, 2021) ...	48
Photo 9: Préparation des flacons du Test d'inhalation (Original, 2022)	49
Photo 10: Test répulsif de l'huile essentielle testée de l'orange sanguine <i>Citrus sinensis</i> <i>tarroco</i> à l'égard de l'insectes <i>Tribolium Confusum</i> (originale . 2022).....	53

Introduction

Introduction

Les céréales sont les produits des marchés internationaux les plus échangés et constituent la base de régime alimentaire de la plupart des pays au monde, surtout les pays sous-développés comme les pays du Sud-Africains, à cause des conditions climatiques favorables a leur développement ; et les pays en voie de développement comme l'Algérie où leur alimentation est basée sur les céréales comme source de glucide et des sucres longs à l'exemple du blés avec toutes ses variétés (**Messaoudene & Mouhou , 2017**).

Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs. notant que les dégâts causés par les insectes sont les plus importants (**Kechroud, 2012**).

Tribolium confusum est l'un des ravageurs cosmopolites les plus sérieux dans les céréales stockées. C'est un ravageur plutôt important dans les farines et les produits à base de farine. C'est une espèce polyphage qui pénètre facilement dans les produits, et peut affecter directement la quantité et la qualité du produit colonisé et provoque d'énormes pertes économiques chaque année (**Li & Arbogast, 1991**). Il est constamment trouvé dans les greniers, les usines et les entrepôts (**Boussada et al., 2008**).

Actuellement, le manque de moyens de conservation fiable et peu onéreux conduit les chercheurs à mettre en œuvre des programmes de sécurité alimentaire par une protection intégrée efficace des cultures et des denrées stockées.

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation des insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles (**Haubruge et al., 1998 ; Relinger et al.,1988**). Malheureusement, cette méthode dégage des inconvénients qui limitent son emploi. Il s'agit notamment de la présence dans les denrées de résidus, du développement de souches d'insectes résistantes à ces insecticides, de la pollution de l'environnement, de nombreux cas d'intoxication et d'empoisonnement signalés dans certains pays (**Kumar, 1991**), ainsi que de prix relativement élevés et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés internationaux et locaux.

De plus, les insecticides de synthèse pénètrent dans les grains stockés et deviennent souvent toxiques pour le consommateur. L'usage très répandu de ces pesticides a entraîné l'apparition de formes de résistances chez les insectes traités (Yennek & Belhadj, 2017).

Depuis l'antiquité les plantes médicinales et aromatiques sont utilisées comme tous les végétaux en médecine, en parfumerie, en cosmétique et pour l'aromatisation culinaire. Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Idjeri, 2018).

Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides d'origine botanique les plus efficaces, et leurs huiles essentielles constituent une source riche de produits chimiques bioactifs. Les biopesticides à base des huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides (Isman, 2000). Actuellement les huiles essentielles détiennent une place importante dans les systèmes de lutte, leur rôle dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde n'est plus démontré. Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent une solution alternative pour la protection des denrées stockées (Idjeri, 2018).

En effet, beaucoup d'études ont été réalisées pour tester l'effet insecticide des huiles essentielles de différentes plantes. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dans laquelle nous avons testé l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de l'orange sanguine Tarocco (citrus sinensis rouge), vu son importance alimentaire et économique dans le nord de l'Algérie, vis-à-vis d'un ravageur redoutable des graines et denrées stockées de la famille des Coléoptères Ténébrionidés le *Tribolium confusum*. L'activité de ces substances naturelles a été évaluée par des tests de répulsion et d'inhalation.

L'objectif de cette étude rentre dans le cadre de la recherche d'une méthode alternative de lutte contre les insectes ravageurs des récoltes céréalières dans les entrepôts de stockage.

Notre travail s'articule autour de trois parties :

La première partie comporte des données bibliographiques sur *Tribolium confusum*, et *Citrus sinensis rouge*) ainsi que les huiles essentielles.

La deuxième partie consiste à la présentation du matériel et des méthodes utilisés pour la réalisation de nos tests ;

Dans la troisième partie, nous avons regroupé les résultats obtenus en les discutant. Enfin, notre travail s'achève par une conclusion générale ainsi que des perspectives.

Chapitre I.

Généralité sur
Tribolium confusum

Chapitre I : généralité sur *Tribolium confusum*1. Présentation du genre *Tribolium*

Tribolium confusum (petit ver de la farine, tribolium brun de la farine) est une espèce d'insectes Coléoptères de la famille des Tenebrionidae à répartition cosmopolite. C'est un insecte ravageur commun connu pour attaquer et infester les denrées alimentaires stockées, notamment la farine et les grains de céréales, dans les silos, entrepôts, boulangeries, épiceries et maisons particulières

A l'état adulte, ils sont de couleur rouge brun plus ou moins foncé. *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum* sont les espèces les plus communes des insectes des denrées entreposées dans le monde entier. Ces deux espèces se distinguent comme suit (**champ & dyte, 1976**).

- *T. castaneum* : Il possède des antennes dont les 3 derniers articles sont brusquement élargie, beaucoup plus grands que les précédents (Fig. 1).
- *T. Confusum* : contient des antennes (Fig. 2) dont les articles s'élargissent progressivement



Figure 1 : Antenne de *T. Castaneum*
(Anonyme ,2015).



Figure 2 : Antenne de *T. confusum*
(Anonyme, 2015).

1.2. Origine et Répartition géographique de l'insecte *Tribolium confusum*

L'aire de répartition de *T. confusum* est très vaste à travers le monde. Il est généralement distribué dans le monde entier et il est très abondant dans toutes les parties des Etats-Unis (**Anonyme, 1955**). D'après Olivier et Pierre (2010) cette espèce est probablement originaire d'Afrique, mais a acquis une répartition cosmopolite, avec une préférence pour

les climats tempérés. Elle a été signalée pour la première fois en Europe en 1900 en Tchécoslovaquie.

Selon **Lepesme** (1944), cette espèce préfère les régions tempérées et remonte assez loin dans le nord de l'Europe et de l'Amérique, sous les climats froids (**Anonyme, 2001**).

On rencontre cet insecte dans la nature, non seulement en Afrique, mais aussi dans les régions où elle fut introduite, sous l'écorce des arbres (**Delobel & Trans, 1993**).

1.3. Morphologie de l'insecte *Tribolium confusum*

Le *Tribolium* adulte est un petit insecte d'une longueur de 2, à 4,4 mm, et au corps allongé de couleur brun rougeâtre brillant, l'appendice prosternal est nettement élargi à l'apex. Les antennes se terminent en massue composée de cinq articles (fig. 3). L'insecte est très proche morphologiquement de *Tribolium castaneum* (Tribolium rouge de la faïne).(fig. 4)

Chez *Tribolium confusum*, la massue antennaire est plus graduellement élargie, l'espace entre les yeux est plus large (environ 50% de la largeur de la tête). Les yeux comportent seulement deux facettes à leur point le plus étroit. Les yeux, oblongs, mesurent en moyenne 0.6 x 0.3mm. Ils sont de couleur blanchâtre, presque transparente. Ils sont recouverts d'une substance visqueuse qui leurs permet de s'adhérer aux denrées infestées. Wikipedea, (consulté le 7 juin 2015).

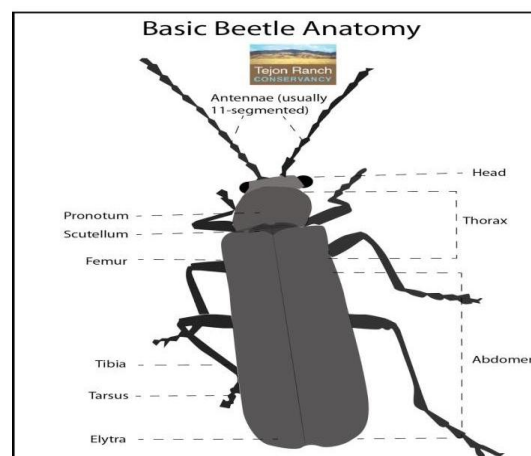


Figure 3: Anatomie d'un *Tribolium confusum* (Anonyme,2015).

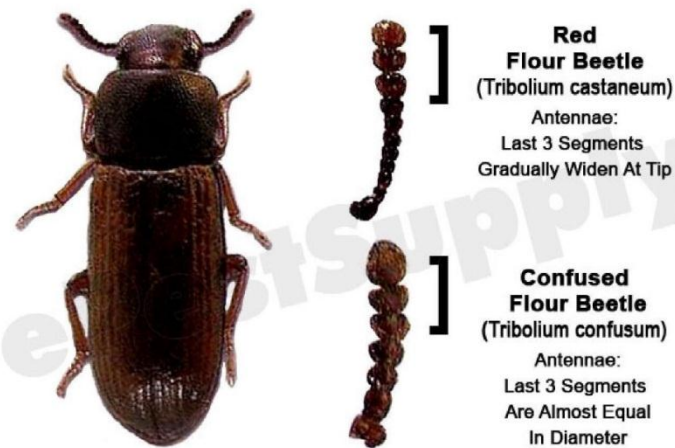


Figure 4: méthode de différenciation entre le *Tribolium confusum* et le *Tribolium castaneum* (Anonyme, 2018).

1.4. Description et cycle de développement de *Tribolium confusum*

L'œuf : l'œuf est ovalaire, sans sculpture, il mesure en moyenne 0,6 mm de long (Steffan, 1978). Il est oblong et blanchâtre, presque transparent, sa surface lisse est recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée (Lepesme, 1944).

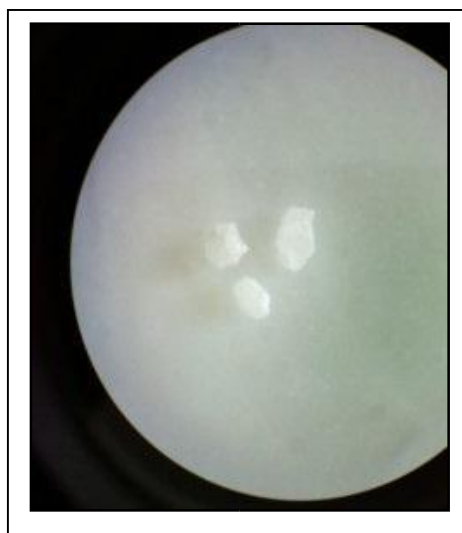


Figure 5: Les œufs de *T. confusum* G 40 ×2 (Abahri, 2017).

La Larve : L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve vermiforme de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm. Elle passe par plusieurs stades

dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation (fig. 6) (Stefan,1936). Elle porte trois paires de pattes attachées aux segments suivant immédiatement la tête. A son complet développement, la larve mesure de 6 à 7 mm de long, elle présente une couleur jaunâtre avec des bandes brun pale, de courtes soies couvrant son corps qui se termine par deux paires urogomphes (Delobel & Trans, 1993).



Figure 6: Larve de *T. confusum* (Didier, 2013).

La nymphe : La nymphe est de couleur blanche (fig. 7), les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés et elle est incapable de se déplacer (Balachowsk, 1936).



Figure 7: Nymphe de *T. confusum* (Didier, 2013).

Imago: La nymphe subit une mue imaginale et donne naissance à un imago. A son émergence, l'imago est de couleur claire. *T. confusum* (adulte) est un coléoptère blanc jaunâtre, son tégument se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm aplati et ovale dont la tête et la partie antérieure du thorax sont densément couverts de points minuscules et les élytres allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure (fig.8). Les antennes sont moniliformes avec les trois derniers articles élargis. Les pattes sont courtes et courbées, les tarsi postérieurs sont formés de quatre

articles (Balachowsky, 1939). L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5 °C et une humidité relative de 70 %.

Le développement complet de l'œuf à l'adulte se fait en six semaines environ dans des conditions climatiques favorables (Wikipedea, Sciences - Penn State).



Figure 8: Adulte de *T. confusum* (Didier, 2013).

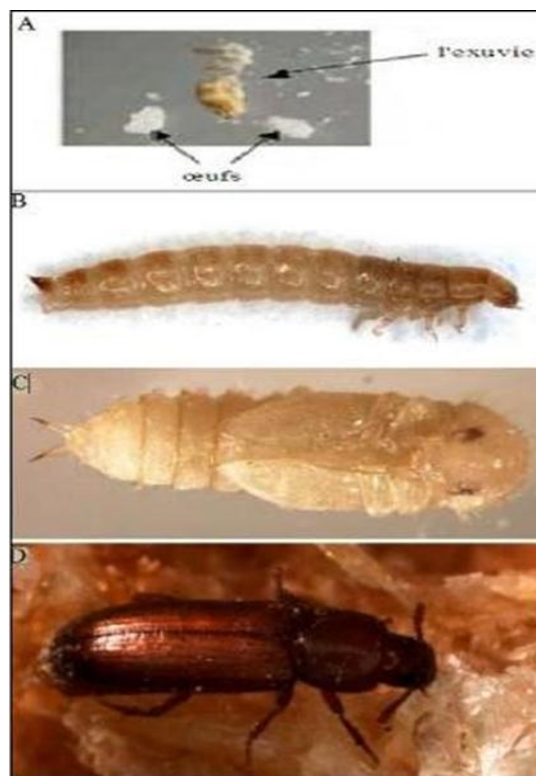


Figure 9: les différents stades de développement de *Tribolium confusum* (Rebecca et al, 2003).

1.5. Cycle évolutif de *Tribolium confusum*

L'insecte hiverne à l'état adulte et il reprend son activité, en général au printemps. Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minutes. Les femelles pondent 300 à 400 œufs dans les aliments qu'elles infestent (semoule, farine...), au moyen de 2 à 3 œufs par jour (**Robecca et al, 2003**). Ces œufs sont collants et s'agglutinent autour des particules alimentaires, ce qui les rend difficiles à distinguer (**Robecca et al, 2003**). Les larves éclosent environ 10 jours plus tard et se circulent et nourrissent dans les denrées infestées; ce n'est qu'après 7 ou 8 mues qu'elles passent au stade nymphal. La durée du stade larvaire varie de 22 jours à plus de 100 jours, selon la température ambiante, le taux d'humidité et la nourriture disponible (**Balachowsky, 1939**).

A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile. Le stade nymphal dure en moyenne 8 jours et se transforme rapidement en adulte (**Lepesme, 1944**). Dans des conditions optimales (environ 30-35°C), Le développement de l'œuf à l'adulte dure environ 6 semaines, mais le cycle évolutif est fortement prolongé par temps froid. La longévité de cet insecte peut atteindre deux ou trois ans (**Balachowsky, 1939**).

1.6. La distinction entre le mâle et la femelle chez l'espèce de *Tribolium confusum*

Les *Tribolium*s adultes mâles et femelles sont pratiquement identiques, de sorte que le sexage des coléoptères se fait habituellement au stade pupale, où les mâles et les femelles ont des caractéristiques différentes.

Les coléoptères de la farine sont de minuscules créatures et leurs appendices sont encore plus petits, tout sexage doit être fait sous un microscope optique. La chrysalide doit être sur son dos avec la face ventrale vers le haut. Le foyer est sur le bout de l'abdomen où il y a 2 longues projections appelées urogomphes; les femelles et les mâles ont ces saillies. En couches sur le dessus des urogomphes et un peu plus loin l'abdomen il y a une autre série de projections, 2 plus petites appelées les papilles génitale. Sur les femelles, les papilles génitales sont pointées, avec 2 points plus foncés sur la pointe de chacun, et à peu près la moitié de la taille de la urogomphes (ils ressemblent à des doigts minuscules). Chez les mâles, les papilles

génitales sont trapues, jointes et à peine perceptibles. Si les papilles femelles ressemblent à des doigts, elles ressemblent plus à 2 pouces conjoints (fig. 10)

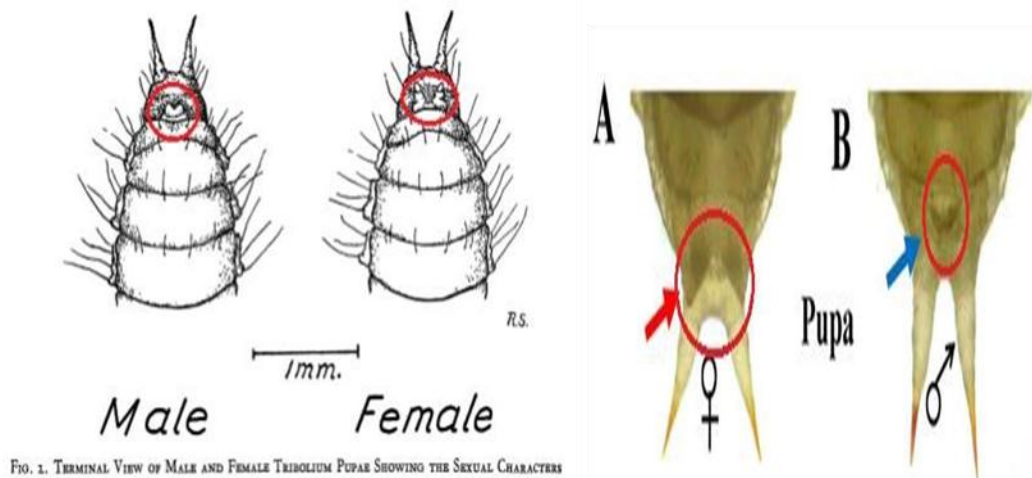


Figure 10: Image de distinction entre le mâle et la femelle chez l'espèce *Tribolium confusum* (Anonyme, 2018)

1.7. Régime alimentaire et dégâts causés par *Tribolium confusum*

Le *Tribolium* brun attaque les grains endommagés ou brisés. On le trouve dans la farine, la poussière et les impuretés (fig. 11). Ce coléoptère cause des dégâts en s'alimentant mais probablement davantage en contaminant les grains, par les cadavres d'insectes, les mues et les pelotes fécales, ainsi que des liquides (quinones), et en donnant une mauvaise odeur aux denrées infestées. Cela peut entraîner une mauvaise acceptation des aliments par le bétail et le rejet par les acheteurs de grains. Souvent, l'infestation par le *Tribolium* favorise le développement de moisissures, qui contribuent à réduire considérablement la qualité et la valeur du grain.



Figure 11: Dégâts de *T. confusum* sur la semoule commerciale (Abahri, 2017).

1.8. Les ennemies naturelles de *Tribolium confusum*

Certains arthropodes particulièrement les acariens, tels que :

- *Pediculoides ventricosus* Nempet *Acarophenax tribolii* Nemp. et Duval. Tendent à limiter l'activité de *Tribolium* (Daniel et al, 2015).
- Des insectes hyménoptères parasitoïdes de la famille des Bethylides parasitent les larves, comme : *Rhabdepyris zea* Turu et Waterst et *Scleroderma immigrans* Bridw (Abrahm, 1996).
- Parmi les ennemis naturels de *Tribolium confusum* figurent notamment des acariens, tels que *Pediculoides ventricosus*, *Acarophenax tribolii*, *Blattisocius keegani* et *Blattisocius tarsalis* (prédateur des œufs), et des insectes hyménoptères parasitoïdes de la famille des Bethylidae, comme *Holepyris syvanidis* (syn. : *Rhabdepyris zea*), qui parasitent les larves.

1.9. Les moyens de lutte contre le *Tribolium confusum*

Il existe plusieurs méthodes différentes de lutte et de prévention contre le *Tribolium confusum* :

1.9.1. La lutte préventive

Cette méthode consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transport, et des machines de récolte. Il faudra faire un nettoyage convenable des locaux de conservation et vérifier les crevasses et les endroits qui peuvent recouvrir des insectes. Les grains doivent être séchés avant le stockage. Ces mesures sont indispensables pour réduire ou empêcher toute infestation (Ducom, 1982).

1.9.2. La lutte curative

• La lutte physique

- ✓ **La chaleur** : Consiste à utiliser une très haute température pour les adultes et épargner le pouvoir germinatif des grains, elle est de 55°C chez l'espèce *Tribolium castaneum* (Labeyrie, 1962).
- ✓ **Le froid** : Les basses températures ralentissent l'activité biologique et provoquent la mort de certains ravageurs. A une température inférieure à 6°C, la larve ne peut pas

pénétrer à l'intérieur de la graine (Semsar ,2013) à une température de -1°C, les insectes ne peuvent pas survivre plus d'un mois (Labeyrie , 1962).

- ✓ **Stockage sous atmosphère inerte** : Le stockage sous les gaz carboniques et l'Azote, ne laisse aucune chance pour les insectes de survivre (Gwinner *et al*, 1996).

1.9.3. La lutte chimique

Elle a recours aux insecticides et il existe deux types :

a/ Insecticide organiques de synthèse (Organochloré et Organophosphoré).

b/ Insecticides non-organiques qui sont des composés arsenicaux, fluorés ou soufrés ou de l'acide cyanhydrique (Dajoz , 2002).

- ✓ **Les insecticides par fumigation** : Les insecticides à forte tension de vapeur sont les fumigeant. Ils sont destinés à un traitement curatif de choc qui atteint même les formes cachées des insectes.
Ils détruisent rapidement le développement des œufs, des larves et des nymphes des insectes ravageurs contenus dans les grains (Kellouche *et al*, 2010).
- ✓ **Les insecticides par contact** : Le grain ou le substrat dans notre cas est recouvert d'une pellicule de produit insecticide qui agit plus ou moins rapidement et plus ou moins longtemps sur les insectes (Semsar, 2013).

1.9.4. La lutte biotechnologique

Les moyens utilisés dans cette méthode sont les phéromones de synthèse induisant un dérèglement du comportement des adultes par confusion de substances odorantes répulsives, Des hormones de croissance causent des troubles de développement.

Ces Régulateurs de la croissance des Insectes (IRG) sont efficaces à tel point que la descendance devient incapable de se reproduire (Amrani, 2018).

1.9.5. La lutte biologique

C'est une méthode classique se pratique par l'utilisation de poudre dérivée de végétaux ou les terpènes et les alcool qui repoussent les ravageurs des denrées stockées par exemple la partie d'une plante connue pour son efficacité insecticide et toxique vis-à-vis des insectes ou d'extrait organique (Auger *et al*, 1991).

1.9.6. La phytothérapie

La phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les insectes des denrées stockées. Elle se base sur l'utilisation des parties actives des plantes appelées bio-insecticides qui remplacent les insecticides chimiques.

Ils se trouvent sous plusieurs formes

- ✓ Extraits organiques et aqueux.
- ✓ Poudres de plantes.
- ✓ Huiles végétales.
- ✓ Huiles essentielles (**Semsar, 2013**)

Chapitre II

Généralité sur les

agrumes

Chapitre II. Généralité sur les agrumes

1. Définition des agrumes

Le mot « agrumes » d'origine italienne est un mot collectif masculin pluriel qui désigne les fruits comestibles par extensions aux arbres qui les portent appartenant au genre (*Citrus*). Les agrumes sont originaires du Sud-est Asiatique. Ce sont des arbres de la famille des Rutacées, selon que les auteurs ont ou n'ont pas pris en compte les hybrides (**Swingle et Reece, 1967**). La diffusion des agrumes à travers le monde s'est faite très lentement. Le bigaradier, le citronnier et l'oranger ont été introduits dans le bassin méditerranéen vers la moitié du XII^e siècle, et le mandarinier au XIX^e siècle. L'introduction des agrumes en Afrique de l'Est a été faite par les commerçants arabes et hindous vers le XIV^e siècle. L'expansion dans le sud de l'Europe au XV^e siècle est le fait des portugais, qui les ont exportées d'Asie. Au moment de la conquête, l'orange traverse l'atlantique avec le Bigarade, la lime et le cédrat. Ces derniers ont été cultivés dans les Antilles, au Mexique et en Amérique du sud. Aujourd'hui, l'oranger est l'arbre fruitier le plus cultivé dans le monde (**Blondy, 2003**).

Ils représentent l'une des récoltes de fruits les plus importantes dans le monde. Selon la FAO, la production mondiale (en 2012) est estimée à plus de 115 millions de tonnes par an dont 517 milles tonnes ont été produites en Algérie. Cette dernière occupe la 19^{ème} place mondiale et la 2^{ème} dans le Maghreb.

2. Importance de l'agrumiculture en Algérie

Selon **Aouane & Ghezli (2001)**, à l'instar de l'arboriculture fruitière, l'agrumiculture occupe une place primordiale et constitue l'une des préoccupations majeures des décideurs au niveau du ministère de l'agriculture algérien. Le programme de reconversion mis en œuvre vise à réinstaurer l'agrumiculture dans des zones de prédilection à travers une démarche d'adaptation des systèmes de production aux vocations pédoclimatiques de chaque zone. La culture commerciale des Citrus est localisée dans les zones irrigables, dans la partie Nord du pays où elle trouve la température clémente qui assure sa réussite. En effet, le verger agrumicole se localise essentiellement dans la plaine de la Mitidja en raison de son exigence en eau et qualité de sol (**Karboa, 2001**). L'INRAA en 2006 a rapporté que l'Algérie détient une collection variétale composée de 227 variétés d'agrumes, cette richesse arboricole constitue un patrimoine génétique inestimable.

La production Algérienne d'oranges pour l'année 2018 est estimée de 558573.13 tonnes. Elle occupe la 14^{ème} place dans le monde, la 2^{ème} place dans la région nord-africaine et la 4^{ème} place dans le continent. Elle occupe la 7^{ème} place dans le bassin méditerranéen selon des études préliminaires entre 1994 et 2018.

Tableau 1. Principaux pays producteurs d'orange dans le bassin méditerranéen (FAO,2020).

Pays	Production en milles de tonnes
Espagne	2950082.6
Egypte	2203243.4
Italie	1902199.4
Turquie	1411453.4
Grèce	909555.84
Maroc	854095.56
Algérie	558573.16

3. Les zones de production

La culture des *Citrus* est localisée essentiellement dans les zones irrigables de la partie Nord du pays, où elle trouve la température clémente qui assure sa réussite. La plaine de la Mitidja de la région centre du pays est la zone potentielle en agrumiculture, elle couvre une surface de : 36 219 ha en 2013 ce qui représente environ 56,4% de la superficie agrumicole totale (Hamidi,F.& Limam,F,2018) .

4. Position systématique des agrumes

La position taxonomique des agrumes, selon Swingle en 1967 est indiquée comme suit :

- **Règne** : Végétale
- **Embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : *Eudicotes*

- **Sous classe :** *Archichlomydeae*
- **Ordre :** *Germinal (Rutales)*
- **Famille :** *Rutaceae*
- **Sous-famille :** *Aurantioideae*
- **Tribus :** *Citreae*
- **Sous-tribu :** *Citrinae*
- **Genre :** *Poncirus, Fortunella et Citrus*

5 .Composition chimique globale des écorces d'agrumes

La composition chimique des écorces d'agrumes est sujette à des variations sous l'influence de divers facteurs et notamment la variété. De plus, dans une même variété, la teneur en divers composés dépend des facteurs climatiques et environnementaux. La composition chimique globale des écorces d'agrumes des principales variétés comestibles, exprimée en g pour 100 g base sèche (bs) (**Hamidi& Limam,2018**).

Les écorces d'agrumes présentent des teneurs élevées en eau (variant de 2,97-3,79 g/g bs), soit 60% à 75% en base humide) et en sucres solubles (6,52-47,81g /100g bs). De ce fait, c'est un coproduit hautement périssable qui fermente et présente un développement des moisissures (**Ferhat et al., 2011; Kammoun et al., 2011**). De plus, ce coproduit est riche en protéines (1,79-9,06 g/100g bs) et en minéraux (2,52-10,03 g/100 bs) alors que les lipides sont très peu abondants (de 0,48 jusqu'à 4 g/100g bs).

Les écorces sont particulièrement riches en composés digestibles et offrent de nombreuses possibilités d'utilisation pour l'alimentation fonctionnelle humaine et animale ainsi qu'en tant que complément alimentaire (**Bampidis & Robinson, 2006**). L'utilisation des écorces fraîche en alimentation pour bétail est limitée à cause des maladies que peut provoquer la consommation de ce produit (mycotoxicose, para kératose du rumen) (**Duoss-Jennings et al., 2013**). Les écorces d'agrumes sont une source importante d'essences odorantes et d'huile essentielle de 0,6 à 1% (**Oreopoulou et al., 2007; Yeoh et al., 2008 ; Hosni et al., 2010 ; Farhat et al., 2011**).

6. Variétés d'agrumes du genre *Citrus*

6.2. Les citrons (*citrus limon*)

Il est parmi les plus importantes espèces d'agrumes après le *Citrus sinensis* et *Citrus reticulata*, originaire du sud-est asiatique et d'Inde, le citronnier fut introduit en Méditerranée par les Arabes. C'est à l'époque des croisades que l'Europe découvre le « *Citrus* ». Il est cultivé depuis le XIV siècle en Sicile, qui est actuellement le plus gros producteur de citrons. La Corse produit des citrons (fig... d'excellente qualité et de très belle grosseur. Sa culture s'étend aujourd'hui sur le littoral de la Méditerranée et aux régions du globe à climat semi-tropical du monde entier.



Figure 1: Le fruit du *Citrus limon*

6.1. Les mandarines (*citrus reticulata*)

Les mandarines (fig...ont été cultivée en chine pendant plusieurs centaines d'années avant d'être introduite en occident, d'abord en grande Bretagne les premiers mandarines arrivèrent en 1805 et s'implantèrent en Provence ; la culture démarra en Algérie en 1850.

C'est le fruit du mandarinier, un arbre de la famille des *rutaceae*. Le fruit d'un diamètre de 5 à 9 cm est sphérique et légèrement aplati au sommet. Sa chair sucrée et parfumée, et l'une des moins acides parmi les agrumes, mais elle a de nombreux pépins .
(Brebion et al.,1999).



Figure 2: Le fruit du *Citrus reticulata*

6.3. Pomélo (*Citrus paradijal*)

Elle est originaire des Caraïbes, c'est une espèce (fig 14)...satellite du *Citrus grandis* dont elle serait issue par mutation gemmaire ou hybridation. Le grapefruit se distingue du pamplemousse par un ensemble de caractères faciles à reconnaître ; feuilles à pétiole plus étroitement ailé et glabre, Fruits produits en grappes, de taille nettement inférieure, à écorce plus fine ; Pulpe tendre, juteuse, pépins polyembryonies (**Bousbia, 2011**).



Figure 3 : Le fruit du *Citrus paradijal*

6.4. Les clémentines (*Citrus clementina*)

Le clémentinier (fig 15) est un arbre hybride de la famille des Rutacées issu du croisement entre un mandarinier (*Citrus reticulata*) et un oranger (*Citrus sinensis*) ; de 4 à 6 mètres de hauteur, portant des feuilles et des fleurs très parfumées. La clémentine, fruit du clémentinier est pratiquement sans pépin contrairement à la mandarine, savoureuses dotées d'une peau fine d'une couleur verte qui devient orange sous l'effet de la baisse de température

en hiver, *Citrus clementina* prend de plus en plus la place de *Citrus reticulata* (mandarine) ; c'est l'une des plus douces et sucrées des agrumes.



Figure 4: L'arbre *Citrus clementina*

6.5. L'oranger (*Citrus sinensis*)

C'est un arbre, pouvant atteindre 10 m de hauteur environ, avec un feuillage vert sombre persistant et légèrement ailé. La floraison blanche très parfumée, les fruits mettent 10 à 12 mois pour murir, de taille moyenne, de forme sphérique, et couleur orange (Lousset, 1989).



Figure 5: Le fruit du *Citrus sinensis*

6.5.1 .Description botanique, morphologique et physiologique

L'oranger est un arbre au port harmonieux, planté en pleine terre, ou en pot, atteint rapidement 7 à 8 m caractérisée par (Bouakkaz & Guesmi, 2019) :

- **Fleurs** : blanches immaculées sont très parfumées, ses feuilles vertes profondes, sont légèrement ailées ; s'épanouissent à partir de fin du printemps
- **Fruits** : varient en forme, et en couleur selon les variétés. Il en est de même pour la pulpe plus ou moins acide et dont la couleur varie de l'orange au rouge (*Citrus sinensis*) qui se

développe en région subtropicale. Les oranges encore vertes sont délicieuses, n'ayant pas besoin de devenir orange pour acquérir tout leur gout. (**Bachès, 2011**).

- **Ecorce du fruit** (péricarpe) : est appelée « flavédo », comprend une partie externe, l'épicarpe (dénommé « zeste »), coloré en jaune, orangé à rouge à maturité, parsemé de nombreuses poches sécrétrices schizolysigènes remplies d'huile essentielle, et un mésocarpe externe. Le mésocarpe interne, appelé « albédo » de couleur blanche, a une texture plus ou moins spongieuse et d'épaisseur variable. L'épiderme interne ou endocarpe, émet des poils renflés charnus qui forment la pulpe sucrée et comestible (**Teuscher et al., 2005 ; Dupont & Guignard, 2007**). Cette partie est divisée en segments (carpelle) où se concentre le jus (avec ou sans pépins selon les variétés) et en une enveloppe radiale épaisse (ou endocarpe). Elle renferme des quantités significatives de vitamine C, de pectine, de fibres, de différents acides organiques et de sel de potassium, qui donnent au fruit son acidité caractéristique (**Guimaraes et al., 2010**).

6.5.2. Composition chimique d'orange

Les principaux composés de l'orange sont résumés sur le **tableau 02** selon (**Brahimi & Dahmani, 2018**).

Tableau 02. Composition chimique globale de *Citrus* (pour 100g de fruit).

Composition chimique	Caractéristiques	Valeur nutritive
L'eau	Avec plus de 83% d'eau, l'orange est un fruit particulièrement juteux et désaltérant. C'est dans cette eau que se trouvent sous forme dissoute les principaux éléments nutritifs	83,2%
Les lipides (g)	Acide oléique, acide linoléique, acides palmitique et acide stéarique	1,66 g
Les protéines (g)	<p>La teneur en azote des agrumes entiers varie entre 0,1 et 0,2% sur une base humide. Les constituants azotés d'agrumes : protéines, acides aminés peptides simples et des substances phosphatides</p> <p>Les protéines dans les agrumes sont relativement insoluble et sont Associées avec les protéines solides du fruit, tels que flavédo, et albédo</p>	<p>7,90 g</p> <p>8,01 g</p>
Les sucres (g)	La douceur des agrumes est due à la présence de glucose, fructose et saccharose. Les sucres peuvent varier de 1% dans certains citrons à près de 9% dans certains oranges	47,81g
Les pigments	la couleur des écorces des oranges matures est due aux pigments caroténoïdes. La couleur de certaines variétés appelées orange sanguines telles que l'orange Maltaise et Moro est due aux caroténoïdes et aux anthocyanes	0,04g

6.5. 3. Structure morphologique du fruit

Tous les fruits des *citrus* cultivés présentent la même structure anatomique (**Ramful et al., 2011**). D'un point de vue botanique les agrumes sont des fruits charnus de type baie avec un péricarpe structuré en trois parties bien différenciées (**Duan et al., 2014**) :

A .Epicarpe ou flavédo

Est la partie la plus externe de l'écorce, colorée en jaune orangé ou en rouge. Elle comprend de nombreuses poches sécrétrices d'huiles essentielles (**Tripoli et al., 2007**).

B. Mésocarpe ou albédo

Est la couche intérieure blanche et spongieuse et riche en pectines. La combinaison flavédo et albédo est appelée péricarpe, communément connu sous le nom d'écorce (**Tripoli et al., 2007 ; Salunkhe et al., 1995**).

C. Endocarpe ou pulpe

C'est la partie comestible du fruit, elle est composée des segments, recouverts par une membrane mince, les segments sont composés de vésicules de jus recouvertes par les membranes plus fines et contiennent les cellules de jus. Pendant que le fruit munit, le jus s'accumule dans les vacuoles et occupe la majeure partie du volume des cellules mures (**Kimball, 2012**).

6.5.4. Cycle de vie des oranges

Les orangers sont des espèces fruitières à feuilles persistantes, le cycle de vie de cet arbre débute par une phase de dormance suivi par une phase de débourrement ou il y a le gonflement des bourgeons et le développement des feuilles suivis par une phase de floraison (début, pleine et fin).

6.5.5. Différentes variétés des oranges

Il existe de nombreuses variétés d'orange (**Brahimi & Dahmani, 2018**)

- **Les oranges navels**

- Ces oranges sont les plus consommées sous forme de fruits (**Saunt, 1990**). Elles sont moins juteuses que la plupart des autres variétés et elles développent une certaine amertume lors du pressage ce qui peut les rendre impropres à une production de jus

- **Les oranges blondes**

Dont la principale variété est la Valencia, première variété commerciale de tous les types d'agrumes (**Kimball, 2012**). Les oranges blondes développent beaucoup moins d'amertume que les oranges navels lors de leur pressage

- **Les oranges sanguines**

Les oranges sanguines, le "Tarocco", le "Sanguinello" et le "Moro", sont les variétés généralement cultivées de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck dans le pourtour méditerranéen. La variété Moro est la plus colorée de toutes les variétés d'orange sanguine (**Remini et al., 2015**). La couleur rouge (ou la couleur de Bourgogne) de l'orange sanguine est principalement associée au colorant d'anthocyanes (**Choi et al., 2002**).

En effet, la couleur orange caractéristique des caroténoïdes est masquée ou partiellement masquée par les colorants hydrosolubles d'anthocyane (**Lee et al., 1990**).

6.5.6.1. Présentation de l'Orange sanguine (*Citrus sinensis* rouge)

Les oranges sanguines (fig... appelées orange « rouge » en Italie, « roja » ou « sanguina » en Espagne et orange « sang » en anglais. L'orange Maltaise est la reine des oranges sanguine, elle est décrite comme le meilleur orange dans le monde.

En Tunisie, la variété maltaise occupe 25% de superficie agrumicole avec 8100 ha en 2018 et une production de 132 mille tonne.



Figure 6: Coupe longitudinale de l'orange sanguine

Ce groupe se caractérise par le couleur de la pulpe qui tend vers le rouge sang. Les sanguines sont plus ou moins colorées à l'extérieur et à l'intérieur selon la variété et la maturité. Lors de la maturation, l'orange se colore d'abord sous sa peau puis vers le centre du fruit. La dénomination d'orange sanguine regroupe plusieurs espèces qui présentent cette caractéristique. La coloration peut varier d'une orange à l'autre, selon les variétés, l'état de maturité, ou les conditions de culture (type de sol, climat...). Cette coloration intense est due aux anthocyanes, présents dans la peau et la pulpe, des pigments naturels que l'on retrouve également chez la cerise. La présence d'anthocyanes est caractéristique des oranges sanguines, les autres agrumes possédant habituellement des caroténoïdes, que l'on retrouve aussi chez la carotte. Les anthocyanes permettent aux fruits de se protéger, et sont également excellent pour notre santé . **(Cebadera et al., 2019)**.

L'orange sanguine bénéficie d'une IGP (Indication Géographique Protégée) sicilienne : « Arancia rossa di sicilia » ; c'est l'activité volcanique de l'Etna qui donne aux oranges sanguines un goût unique. Les anthocyanines, très présentes dans l'orange sanguine, sont des antioxydants qui ont déjà fait leurs preuves question santé. Elles ralentissent le vieillissement du corps et améliorent le système immunitaire. Ces pigments permettent notamment de prévenir la venue de certains cancers et ils réduiraient de près de 24 % le risque de déclin cognitif **(Julien, 2012)**. L'orange sanguine est également riche en vitamines C, A, B1 et B2

6.5.6.2. Composition chimique de l'orange sanguine

Tableaux 03. La composition biochimique de l'orange sanguine (*Souci et al .,1994*).

Composant	Moyenne (g)
Eau	±58.70
Protéines	±1
Lipides	±0.20
Glucides	±8.25
Fibres	±1.60
Aciderorg	±1.13

6.5.6.3. Variétés d'oranges sanguines les plus courantes

A. Orange sanguine Sanguinelli

C'est une variété d'orange espagnole, découverte en 1929 à Almenara (Castellon), issue d'une mutation spontanée de double fine.

L'arbre est moyennement vigoureux, son port est globuleux. Le fruit de cette variété est de forme ovale, légèrement allongée, d'un calibre moyen à petit et de couleur orangé pigmenté en rouge. L'écorce est moyennement épaisse, très adhérente aux quartiers et la peau est extrêmement lisse et brillante. La pulpe est très juteuse d'un très bon gout et le jus de couleur rouge. (**Guillouty, 2016**).

Cet orange (fig...de petite taille ne renferme que peu de graines. Sa pulpe est très peu acide. C'est une variété sanguine semi-tardive entre janvier et mars. Elle peut être bien stockée après emballage et le fruit résiste bien aux opérations de manipulations.



Figure 7: Variété Sanguinelli, CTA

B. Orange sanguine Moro

Est une excellente variété précoce, ses fruits sont de taille petite à moyenne avec peu ou pas de pépins. Elle se caractérise par une saveur et un arôme intense et par une chair rouge violacée. Quant à la douceur, elle est plus amère que les deux autres variétés.

Une dernière catégorie, mineure, peut également être décrite, il s'agit des oranges faiblement acides, encore appelées **orange douceâtre**. Ces oranges sont consommés en fruits de bouche (Berlinet, 2006).



Figure 8: Variété sanguine Moro

C. Orange sanguine Tarocco

La variété « *Tarocco* » a été découverte au début des années 1900 dans la région de Pedagoggi (province de Syracuse), mais s'est rapidement étendue à Lentini et Franco fonte (Syracuse) et au sud de l'Etna, où les meilleures conditions existent pour son potentiel génétique. Les premiers traités ont été publiés à partir du début du siècle dernier. En 1929, une étude a été publiée, décrivant l'histoire de l'origine de la culture de l'orange tarocco, qui remonte à la fin du XIX^{ème} siècle (Brahimi & Dahmani, 2018).

L'orange sanguine *Tarocco* (fig20) est une variété tardive. Elle tombe de l'arbre à maturité, ce qui fait que sa période de consommation est courte par comparaison à d'autres variétés. La pulpe est rouge et orange, l'écorce orange pigmentée de rouge. La partie supérieure de l'orange se développe en forme de museau. Cette variété est la plus cultivée. On la consomme fraîche ou en marmelade. L'écorce est fine, lisse et résistante, et sa couleur rouge provient de sa maturation tardive. La tarocco pousse dans un arbre de taille moyenne, plutôt irrégulier, généralement modérément productif. Chaque orange peut peser jusqu'à environ 250 grammes. L'orange tarocco, en fonction de ses mutations naturelles et de ses caractéristiques, peut être classée en tarocco commune (juteuse et pigmentée), tarocco « nucellaire » (légèrement pigmentée) et tarocco « gallo » (douce et légèrement pigmentée). Le fruit a une taille plutôt grande, un arôme de fraise et ne contient pas de pépins. (**Arab & Demmouche, 2020**).



Figure 9: Variété sanguine *Tarocco*

Chapitre III

Généralité sur les huiles essentielles

Chapitre III. Généralité sur les huiles essentielles**1. Définition**

Une huile essentielle (H.E) peut être un ensemble de molécules pour un chimiste, un arôme pour un parfumeur ou encore la quintessence ou l'esprit d'un végétal pour un alchimiste. Dans la réalité, une huile essentielle est l'ensemble de tout cela, car il s'agit d'un produit parfumé et volatil, composé de molécules sécrétées par certains arbres et certaines plantes qui lui confèrent un parfum spécifique. Le terme « volatil » s'explique par le fait que les huiles essentielles s'évaporent très rapidement. C'est pourquoi il est nécessaire de les conserver correctement afin qu'elles gardent intacts leurs principes actifs. (Koroch et al., 2007).

1. Localisation des huiles essentielles

Les H.Es n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par un grand nombre d'espèces qu'elles regroupent en particulier dans les familles : *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Lamiaceae*, *Apeaceae*, *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Zingiberaceae*, *Piperaceae*, *Asteraceae*. La synthèse et l'accumulation des H.Es sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante recouvertes d'une cuticule. Elles sont alors stockées dans les cellules à huiles essentielles (*Lauraceae* ou *Zingiberaceae*), dans les poils sécréteurs (Lamiacées), dans des poches sécrétrices (*Rutaceae*) ou dans les canaux sécréteurs (*Apiaceae*). Elles peuvent aussi être transportées dans l'espace intracellulaire lorsque les poches à essence sont localisées dans les tissus internes. (Lahlou, 2004).

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huiles essentielles sont entourées de membranes spéciales constituées d'ester, d'acide gras hydroxylés hautement polymérisés associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (Iskender et al., 2009 ; Bruneton, 2009).

Les essences dans les plantes peuvent être stockées dans divers organes : fleurs (*origan*), feuilles (*citronnelle*, *Eucalyptus*), écorces (*cannelier*), bois (*bois de rose*, *santal*), racines (*vétiver*), rhizomes (*acore*, *gingembre*), sève (*encens*, *myrte*), bourgeons (pin), fruit (badiane) ou graines (carvi). Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une espèce, voire dans un même organe.

2. Rôle des huiles essentielles pour le règne végétal

Nous ne savons pas exactement ce que représentent les H.Es pour le règne végétal. Les plantes les utilisent pour se protéger contre les virus et tous pensent qu'il s'agit d'hormones végétales. D'autres considèrent que les huiles sont des messagers entre sorte de parasites et de microbes (des travaux ont montré que les monoterpènes et les sesquiterpènes peuvent jouer des rôles importants dans la relation des plantes avec leur environnement. Par exemple, le 1,8-cinéole et le camphre inhibent la germination des organes infectés ou la croissance des agents pathogènes issus de ces organes). (Langenheim, 1969).

3. Facteurs influençant la composition chimique

Il existe beaucoup de facteurs externes pouvant influencer la composition chimique de l'H.E. Ainsi, la température, le taux d'humidité, la durée d'ensoleillement, la composition du sol, la partie de la plante utilisée, le cycle végétatif de la plante, la méthode utilisée pour l'extraction ; sont autant de facteurs susceptibles d'exercer les modifications chimiques. Outre la composition, ces facteurs peuvent également avoir un impact sur la teneur en H.E, par exemple : les citrus ont une teneur importante en H.E lorsque la température est élevée. Les fleurs de *Chrysanthemum caronarium* sont riches en H.E sous l'effet de fertilisants (Bruneton, 1999).

5. Caractéristiques des huiles essentielles

5.1. Caractères organoleptiques

Généralement, les huiles essentielles sont incolores ou jaunâtres, il y a pourtant des exceptions (ex : l'huile de camomille est bleue). La coloration des essences semble résulter de la présence de matières colorantes spéciales.

A la température ambiante, les HE apparaissent sous forme de liquides; quelques-unes sont solides ou en partie cristallisées; elles n'ont pas le toucher gras et onctueux des huiles fixes dont elles se distinguent par leur volatilité. Leur odeur plus ou moins forte, suave, piquante ou désagréable. Elles ont la propriété de ne pas laisser de tache durable sur le papier.

5.2. Caractères physico-chimiques

Les HE se caractérisent par des propriétés physico-chimiques communes (Bruneton, 1999):

- **Solubilité dans l'eau:** elle augmente avec l'apparition de nouveaux produits oxygénés.
- **Miscibilité à l'éthanol:** elle diminue avec l'apparition de polymères.
- **Viscosité:** elle augmente s'il se produit une polymérisation.
- **Constante diélectrique:** elle diminue en cas de polymérisation .
- **Point d'ébullition :** varie entre 160°C et 240°C.
- **Densité :** généralement les densités des HE sont inférieures à 1. Ce paramètre représente le rapport de la masse d'un certain VHE (à 20°C) à la masse égale du Veau dis (à 20°C) .
- **L'indice de réfraction :** C'est le changement de direction de la lumière au passage d'un milieu à un autre. Il est utilisé pour l'identification et comme critère de pureté des HE et de composés liquides divers. Chaque substance a son indice de réfraction spécifique. IL est souvent élevé (1.45-1.56).
- **Le pouvoir rotatoire :** C'est l'angle exprimé en milli radians et/ou degrés d'angle dont tourne le plan de polarisation de longueur d'onde de 589,3 nm \pm 0,3 nm, correspondant aux raies D du sodium, lorsque celle-ci traverse une épaisseur de 100 mm d'HE dans des conditions déterminées de température. On peut la mesurer avec un polarimètre.

- **L'indice d'acide** : C'est le nombre en **mg** de KOH nécessaire à la neutralisation des acides libres dans un gramme d'huile essentielle)

- **L'indice d'ester** : C'est le nombre en **mg** de KOH nécessaire à la neutralisation des acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans un gramme d'huile essentielle.

6. Domaines d'utilisation des huiles essentielles

L'application des huiles essentielles dans différents domaines autres que l'agriculture est très connue et très répandue. Ainsi, leur utilisation en pharmacologie, dans le domaine vétérinaire, en médecine, en cosmétique a fait l'objet de nombreuses recherches (**Schauenberg, 2006**).

Dans le domaine agroalimentaire nous avons : la menthe, le thym, l'origan, le romarin et le laurier qui sont très utilisés comme condiments, aromatisants et antioxydants retardant l'altération des aliments grâce aux: composés phénoliques, l'acide rosmarinique et le carvacrole respectivement présents dans le romarin et l'origan (**Bruneton, 2005; Djenane et al., 2006; Koth, 2007 ; Bakkali et al., 2008**).

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, par ingestion et par fumigation a été bien démontré. Contre les déprédateurs des denrées entreposées, plusieurs études ont été réalisées sur leur efficacité.

Phytophages ou ectoparasites, les acariens ont été la cible de plusieurs essais testant l'efficacité des huiles essentielles pour une éventuelle utilisation dans la lutte contre ces déprédateurs.

7. Sites d'action des huiles essentielles

L'efficacité des huiles essentielles évoqua chez les chercheurs la curiosité de connaître leur site d'action chez les insectes pour mieux cibler leur but ; dans ces sens, des expérimentations ont montré que les monoterpènes chez la blatte inhibent la cholinestérase, les groupements soufrés agissent sur les canaux à potassium (**Isman et al., 2001**).

Le travail d'**Enan et al., (1998)**, sur la blatte américaine prouva la neurotoxicité des huiles essentielles par leur interférence avec les

transmetteurs de l'octopamine chez les arthropodes. La combinaison 3H-octopamine était significativement affectée par la présence des huiles essentielles. Le manque des transmetteurs d'octopamine chez les vertébrés fait que les mammifères aient une profonde sélectivité aux huiles essentielles en tant qu'insecticide, de ce fait, le système octopamenergique chez les insectes représente une cible importante pour le contrôle des insectes.

8. Choix de la méthode d'extraction des huiles essentielles

Pendant l'extraction des HE, plusieurs paramètres interviennent et influencent le déroulement du processus ainsi que la qualité du produit final. En fait, de nombreuses réactions sont susceptibles de se produire à savoir, des réactions d'hydrolyse, des réarrangements photochimiques ou encore en milieu acide des réactions d'oxydoréduction, de déshydratation... etc. Parmi les plus importants suspects, sont souvent cités l'action de la chaleur, le pH du milieu, la teneur en oxygène, l'état d'hydratation et la pression du milieu d'extraction. En outre, la forme du réacteur, la nature des matériaux de construction des appareils, la température des fluides, la conception des condensateurs et la façon de mener les extractions peuvent jouer un rôle non négligeable sur la composition et les caractéristiques organoleptiques de l'essence. (**Haddouchi & Benmansour, 2008**).

9. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

9.1. Hydrodistillation

C'est la méthode la plus utilisée et la mieux adaptée pour obtenir les huiles essentielles les plus pures. Elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est ensuite porté à ébullition. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules odorantes. Elles sont ensuite canalisées dans un condensateur refroidi pour se liquéfier à nouveau, du fait que l'eau et les molécules aromatiques possèdent une densité différente l'huile flotte à la surface de l'eau (**Bruneton, 1999 ; Fakhari et al., 2005**).

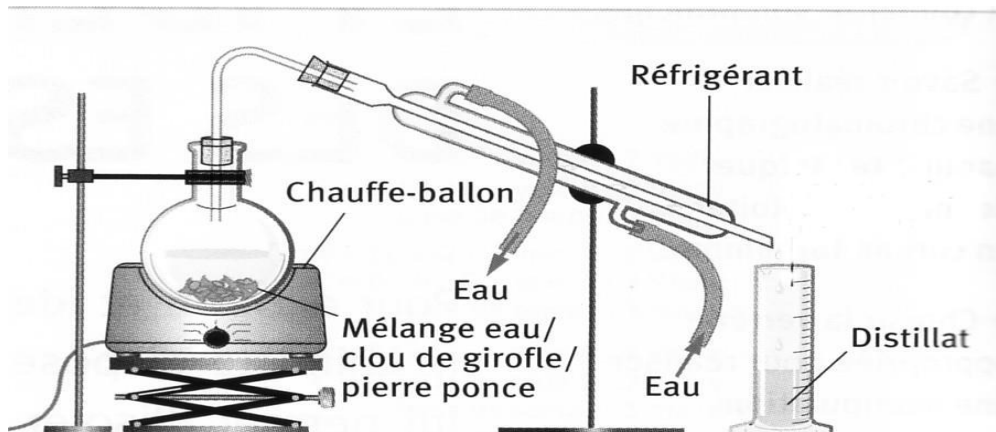


Figure 1: Schéma du dispositif d'Hydrodistillation

9.2. Extraction par expression à froid



Figure 2: dispositif de l'expression à froid.

Cette méthode est utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes qui ne supportent pas les préparations à chaud. Ce procédé consiste soit à presser les péricarpes sous un courant d'eau soit à écraser les agrumes entiers entre des cylindres mécaniques, puis séparer l'huile de l'eau en utilisant un décanteur ou une centrifugeuse (Khalfi & Habbes, 2007).

9.3 Extraction par solvants volatils

Elle consiste à la mise en contact de la matière végétale avec un solvant qui dissout et extrait les constituants odorants solubles de la plante, le solvant est ensuite évaporé et récupéré (Benthorpe & Charood, 1972).

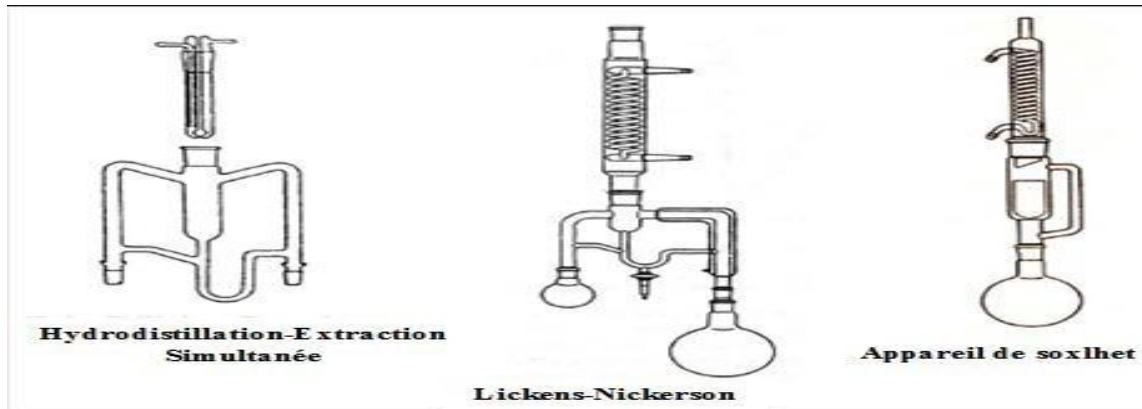


Figure 3: Les différents types d'extracteurs par solvants volatils.

9.4. Extraction par dioxyde de carbone supercritique

La technique se base sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone et de son état physique. Grâce à cette propriété, il permet l'extraction dans le domaine supercritique et la séparation dans le domaine gazeux. Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, après le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant (Nakatsu *et al.*, 2000).

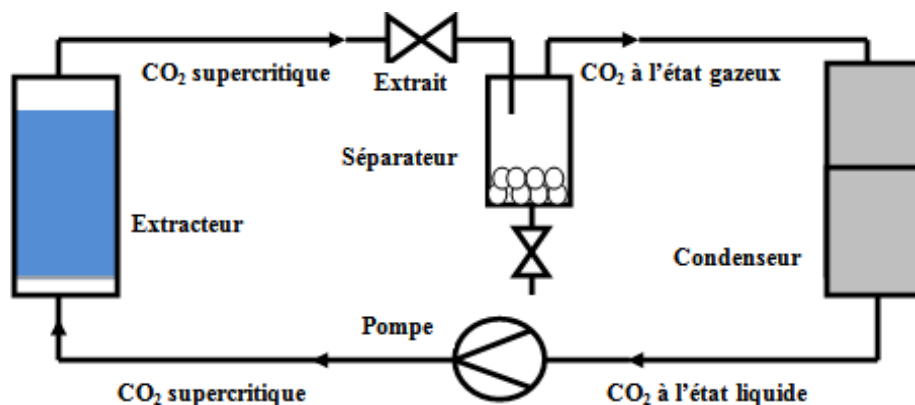


Figure 4: Schéma du procédé de l'extraction par CO₂ supercritique.

10. Activité biologique des huiles essentielles

10. 1 .Activité antibactérienne

Les molécules aromatiques possédant l'activité antibactérienne la plus élevée sont les phénols, ensuite les aldéhydes et les cétones (**Haddouchi & Benmansour, 2008**). Selon (**Kaloustian et al., 2008**), les huiles essentielles de l'origan et du thym présentent une meilleure activité antibactérienne vis-à-vis des souches *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Cette étude confirme que ce sont les phénols (*thymol* et *carvacrol*) qui donnent à ces huiles essentielles le caractère antibactérien.

10. 2. Activité antiseptique

Les antiseptiques possèdent une activité antimicrobienne rapide transitoire et non spécifique qui les oppose aux antibiotiques. Beaucoup de travaux ont été réalisés traitant cette activité. En effet les huiles essentielles de *Lippia sidoides*, des essences, à l'image de leurs principes actifs, le thymol et le carvacrol, sont fortement antiseptiques (**Lacoste et al., 1996**).

10. 3. Activité antifongique

Les infections fongiques sont une actualité criante, car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension. Les travaux d'**El Ajjouri et al., (2008)**, sur les huiles essentielles de deux Lamiacées, *Thymus bleicherianus* et *Thymus capitatus*, ont montré une forte activité antifongique contre tous les champignons de pourriture de bois d'œuvre testés. Ce grand pouvoir bioactif est attribué à leurs teneurs élevées en phénols terpéniques.

10. 4. Activité anti radicalaire et antioxydant

Les différentes activités antioxydantes utilisées sont généralement, l'activité anti-DPPH (1,1-diphényl antioxy-2-picrylhydrazyl), la décoloration du B-carotène, la peroxydation lipidique...etc. Les huiles essentielles ont des propriétés antioxydantes et antiradicalaires ; plusieurs études ont permis de définir les propriétés de ces dernières, qui sont en relation avec la composition chimique des plantes aromatiques (**Bouzouita et al., 2008**).

10.5. Activité insecticide

Les huiles essentielles ont des propriétés insecticides essentiellement larvicides, inhibitrice de la croissance et des propriétés anti-nourrissante. Ces potentiels ont été démontrés par des multiples études à travers le monde tels que les études de (Kouassi *et al.*, 2004), qui ont montré que les huiles de *Melaleuca quinquenervia* et *Ocimum gratissimum* présentent des effets insecticides contre *callosobruchus maculatus* F. Les propriétés insecticides de l'huile de *Juniperus phoenicea* sont testées contre un insecte des denrées stockées *Tribolium confusum* ; cette huile a manifesté un effet antiappétant intéressant. Une étude préliminaire a montré que cette huile présente une toxicité élevée vis à vis de cet insecte (Bouzouita *et al.*, 2008).

Tapondjou *et al.*, (2009), ont démontré l'efficacité insecticide par effet répulsif de l'huile essentielle de *Callistemon viminalis* contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera).

Les huiles essentielles ont des différents effets sur les insectes :

- Effets anti-appétent, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. Des travaux récents montrent que les mono terpènes inhibent le cholinestérase (Keane & Ryan, 1999 en Bastien, 2008).
- Effets sur l'octopamine : L'octopamine est neuromodulateur spécifique des invertébrés. Cette molécule, a un effet régulateur sur les battements de coeur, la motricité, le vol et le métabolisme des invertébrés (Enan, 2000 en Bastien, 2008).
- Effets physiques où les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous (Isman, 2000 en Bastien, 2008).

11. Huile essentielle d'orange sanguine

L'huile essentielle d'orange sanguine est parfaite pour se relaxer et c'est aussi un très bon antiseptique aérien ou un carminatif.

- **Nom commun** : Orange sanguine
- **Nom latin** : *Citrus sinensis*
- **Famille botanique** : Rutacées
- **Partie distillée** : Zeste

12 .Composition chimique

La composition chimique est susceptible d'évoluer en fonction des conditions de production. (Bouzouitaet *al.*, 2008). (Tableau 04)

Tableau 04. La composition chimique d'HE de *citrus sinensis* rouge

Composés chimiques principaux	Monoterpènes (Limonène)	60 à 80%
Autres composés chimiques	M o n o t e r p é n o l s	2 à 6 %
	Cétones	2 à 3%
	Aldéhydes terpéniques	1 à 3 %
	Coumarins	Traces
	Furocoumarines	Traces

Chapitre VI

Matériel et méthodes

Chapitre VI. Matériel et méthodes

La partie expérimentale de ce travail à été réalisée au laboratoire de la faculté des sciences Naturelles et de Vie, de l'université Chadli ben Djedid d'El tarf. Elle est consacrée à la présentation des matériaux biologiques et aux méthodes adoptées d'une période allant du mois de Février jusqu'aux mois de Mai 2022.

1. Matériel de laboratoire utilisé

Pour la réalisation de nos expériences, nous avons utilisé le matériel suivant :

a/ Pour l'extraction

- Balance de précision.
- Mixeur.
- Hydro distillateur (Clevenger).
- Tube Eppendorf.
- Micropipette pour récupérer l'huile essentielle après extraction.
- Réfrigérateur à 4°C pour la conservation de l'HE.
- Etiquettes.
- Papier film
- Papier aluminium

b/ Pour le dosage

- Une étuve réfrigérée réglée à 27°C température optimale du développement de *Tribolium confusum*.
- Des flacons en plastique pour l'exposition des insectes à différentes doses de l'huile essentielle.
- Une balance électrique pour peser les quantités de semoule utilisée pour les tests.

- Une boîte de pétrie de 15 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur.
- Une micropipette pour le pipetage de l'huile essentielle naturelle et végétale.
- Un pinceau.
- Un tamis.
- Papier filtre de 9 cm.
- Etiquettes.

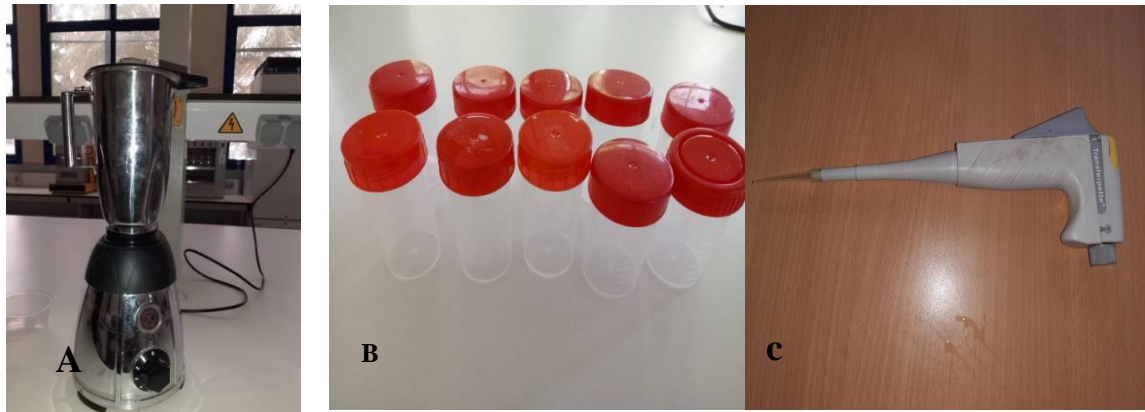


Photo 1: Matériel de laboratoire utilisé,

. (A): Mixeur, (B) : flacon en plastique de 60ml, (C): Micropipette (volume 100-200µl)

2. Matériel biologique

2.1. Présentation de l'insecte ravageur *Tribolium confusum* Du Val

Notre étude est basée sur des jeunes adultes (<7 jours) de *T. confusum* (photo 02) qui proviennent des élevages de masses réalisés sur la farine au niveau laboratoire de la faculté des sciences biologiques de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf.



2.1 **Photo 2:** Des adultes de l'insecte ravageur *Tribolium confusum*

Le *Tribolium confusum* est classé selon **Jacqueline Acqueline Du Val (1868)** comme suit :
Common names of Insects in Canada, database (version 1999)

Règne : Animalia

Sous-règne : Bilateria

Infra-règne : Protostomia

Embranchement : Arthropoda

Super-embranchement : Ecdysozoa

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Infra-classe : Neoptera

Superordre : Holometabola

Ordre : Coleoptera

Sous-ordre : Polyphaga

Infra-ordre : Cucujiformia

Superfamille : Tenebrionoidea

Famille : Tenebrionidae

Genre : Tribolium

Espèce : *Tribolium confusum*. (Jacqueline Du Val, 1868).

2.2. Présentation de l'espèce végétale utilisée *Citrus sinensis* (sanguine)

Dans cette étude nous avons basé sur une des variétés très répandue dans notre région et utilisées dans l'industrie du boisson et des jus, l'orange tarroco *Citrus sinensis* (sanguine). La récolte des fruits a lieu dans un verger de El Taref , en janvier 2022. Les échantillons récoltés sont séchés, afin d'éviter l'altération des principes actifs par la lumière. Ils sont conservés jusqu'à l'extraction de l'huile essentielle.



Photo3: l'orange tarroco *Citrus sinensis* (sanguine) (ORIGINALE, 2022)

2.2.1. Présentation scientifique de l'orange (*Citrus snensis*)

Les oranges sont les plus consommées en raison de leur bonne saveur, leur valeur nutritive élevée et leur composition riche en molécules bioactives (plus de 170 composés phytochimiques sont décrits). Elles sont consommées comme dessert (fruit frais ou cuit), confiture ou jus (Lagha-benamrouche *et al.*, 2017).

Les oranges sanguines, le "Tarocco", le "Sanguinello" et le "Moro", sont les variétés généralement cultivées de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck dans le pourtour méditerranéen. La variété Moro est la plus colorée de toutes les variétés d'orange sanguine (Remini *et al.*, 2015).

La couleur rouge (ou la couleur de Bourgogne) de l'orange sanguine est principalement associée au colorant d'anthocyanes (Choi *et al.*, 2002).

D'après *Guignard (2001)*, la position systématique de l'orange douce est comme suit :

- **Règne** : Végétal.
- **Embranchement** : Spermaphytes.
- **Sous-embranchement** : Angiospermes.
- **Classe** : Eudicotylédones.
- **Ordre** : Rutales.
- **Sous-classe** : Rosidées.
- **Famille** : Rutaceae.
- **Genres** : *Poncirus*, *Fortunella*, et *Citrus*.
- **Espèce** : *citrus sinensis*
- **Variété** : *Citrus sinensis tarocco* (orange sanguine)

2.3. L'huile essentielle

L'huile essentielle de l'orange sanguine est une huile liquide et limpide, de couleur jaune pâle à jaune ombré. Elle est extraite par hydrodistillation à partir des écorces (zestes) séchées, conservé dans des tubes Eppendorf à (-4°) (photo 4)



Photon 4 : L'huile essentielle de l'orange sanguine (Originale, 2022) .

3. Méthodes de travail

3.1. Elevage de masse d'insecte *T. confusum*

L'élevage de masse de *T.confusum* a été réalisé dans des bocaux en plastique (photo...) contient 500g de farine maintenus dans des conditions optimales d'une température de 26°C-27°C et une humidité relative à (65% - 70%).



Photo 5: élevage de masse de *T.confusum* (Originale, 2022)

3.2. Extraction et rendement des huiles essentielles

3.2.1. Méthodes d'extraction

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, ramilles), de la nature des composés (par exemple, les flavonoïdes, les H.Es, les tanins), le rendement en l'huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (référence).

3.2.2. Hydrodistillation

Selon **PIOCHON (2008)**, il existe trois différents procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydrodistillation, l'hydrodiffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau. Dans notre travail nous avons basé sur la méthode de l'hydrodistillation, en utilisant un hydrodistillateur de type Clévenger (photo).

Il s'agit de la méthode la plus simple et, de ce fait la plus Anciennement utilisée. La matière végétale est immergée directement dans un alambic rempli d'eau, placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'H.E se sépare de l'hydrolysats par simple différence de densité. L'H.E étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolysats .Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (Lucchesi, 2005).



Photon 6: Appareil d'hydrodistillateur de type Clévenger (Original, 2022) laboratoire pédagogique de Phytochimie.

Les écorces de l'orange sanguine ont été coupées en petits morceaux puis séchées à l'ombre pendant une semaine à température ambiante (photo...). L'obtention des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type Clévenger; La méthode appliquée consiste à mettre 100g du matériel végétal coupé de 1000 ml dans un ballon en verre avec une quantité d'eau distillée suffisante pour recouvrir la matière végétale (700 ml).

L'ensemble est porté à ébullition pendant 02 heures. Le chauffe-ballon permet la distribution homogène de la chaleur dans le ballon, La vapeur d'eau

provenant de l'échauffement du ballon est condensée dans un réfrigérant. La vapeur saturée d'huile essentielle traverse un serpentin ou elle se condense pour donner deux produits : l'eau florale et l'huile essentielle. L'huile essentielle a été récupérée dans un flacon ambrée et stockée à une température de réfrigération jusqu'à son utilisation.

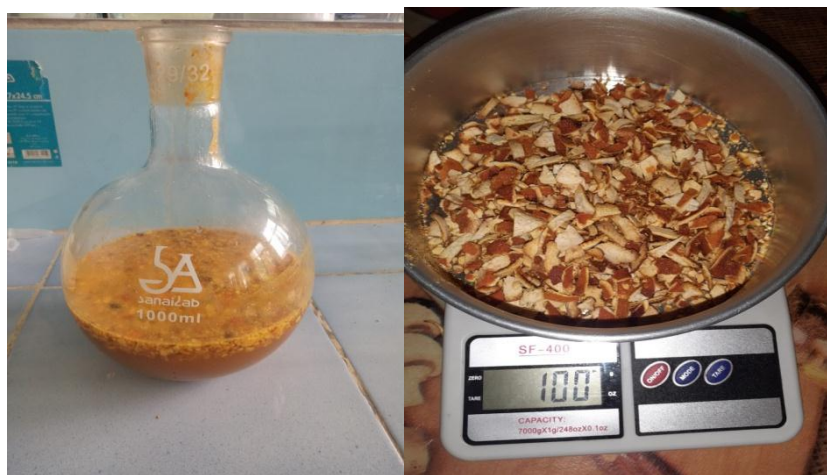


Photo7: Préparation des écorces pour l'extraction (Original, 2022).

3.2.3. Calcul du rendement de l'huile essentielle

Le rendement en huile essentielle a été déterminé par le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et celles de la matière sèche utilisée selon la formule suivante :

$$R (\%) = M1 / M2 * 100$$

Où :

R(%) : désigne le rendement de l'huile essentielle

M1 : désigne la masse de l'huile essentielle en (g)

M2 : désigne la masse de la plante végétale utilisée en (g)

3.2.4. Test de récurivités de l'huile essentielle sur les adultes de *T. confusum*

Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion d'une huile essentielle (*Citrus sinensis*) à l'égard de *Tribolium confusum* par la méthode de la zone préférentielle sur papier décrite par Jilani (1990). Vingt (20) adultes de *T. confusum* d'âge inférieur ou égale à 7 jours sont libérés au centre de papier filtre Wattman n° 2 de 9cm de diamètre, chaque disque de papier filtre est découpé en deux parties égales et les boîtes sont fermées (photo....);

- Préparation de quatre doses différentes de l'huile essentielle de 1 , 2,5 , 5 et 7.5 µl dans 0,5 ml d'acétone;
- Pour chaque test un demi-disque est traité avec une dose d'huile essentielle diluée dans l'acétone; tandis que l'autre moitié reçoit uniquement l'acétone.
- Après évaporation complète du solvant à l'air libre pendant 10 mn, nous rassemblons les deux parties (partie traitée et non traitée) par une bande adhésive et nous les plaçons dans une boîte de pétri de 9 cm de diamètre.
- On fait plusieurs répétitions pour chaque concentration.
- Au bout de chaque heure, nous comptons le nombre d'individus présents sur la partie du disque traitée avec l'huile essentielle et le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone ;

Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par Nerio *et al.*,

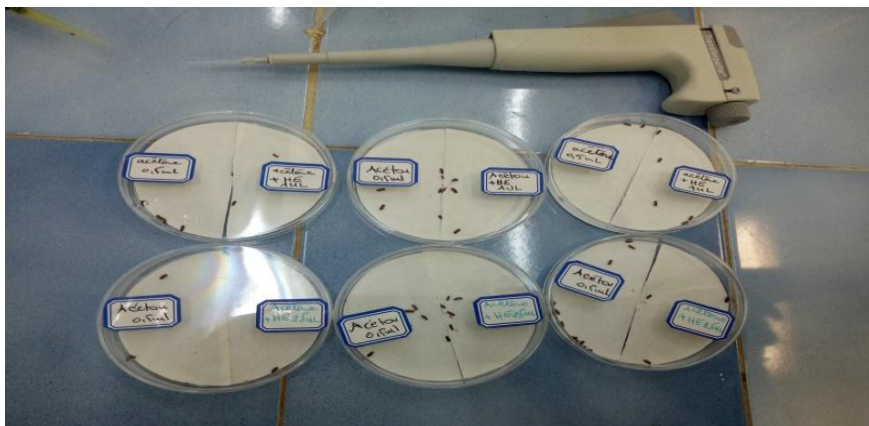


Photo8: Test de l'effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre (Originale, 2021)

3.2.5. Le pourcentage et le classement de répulsion

Le pourcentage de répulsion est ainsi calculé selon la formule suivante :

$$PR (\%) = (NC - NT) / (NC + NT) \times 100$$

NC : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée uniquement avec d'acétone.

NT : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée avec la solution huile acétone

Le pourcentage de répulsion moyen est calculé (PR) et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (MC Donald *et al.*, 1970), qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 05. Pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald *et al.*, 1970

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1 \%$	N'est pas répulsive
Classe I	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Très faiblement répulsive
Classe II	$20 \% < PR \leq 40\%$	Faiblement répulsive
Classe III	$40\% < PR \leq 60\%$	Modérément répulsive
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsive
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsive

3.2.6. Traitement : Test par inhalation

On met un bout de papier filtre de 2cm suspendu à la face interne du flacon en plastique de 60ml, puis nous avons introduit 10 adultes âgées de 0 à 7 jours avec 3g de farine saine. Dans chaque flacon nous avons injecté séparément dans chaque masse de papier filtre des concentrations différentes d'huile essentielle. Cinq (5) répétitions sont réalisées pour chaque concentration utilisée, un témoin n'ayant pas reçu d'HE a été réalisé (photo...) ; un dénombrement des individus morts après un temps d'exposition variables de 24h, 48h et 72 h.

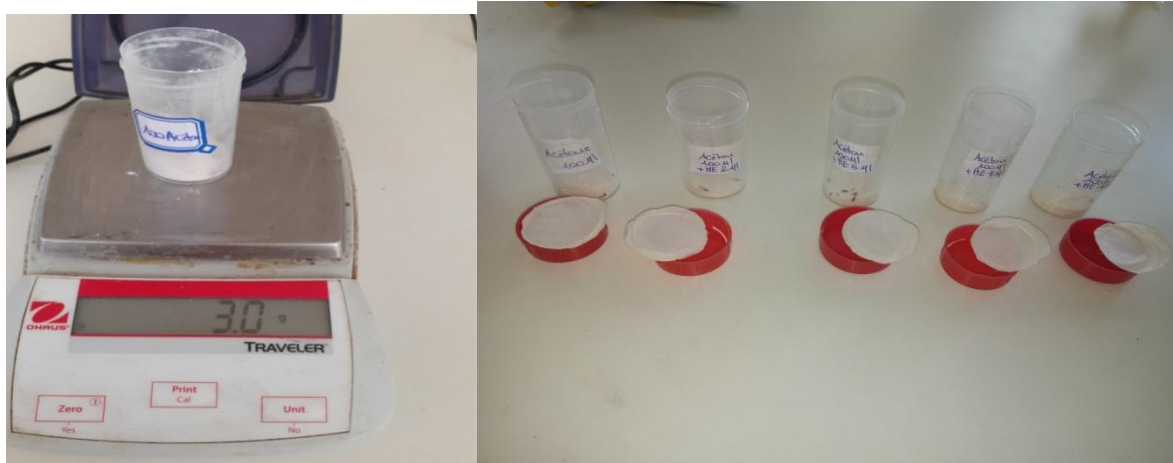


Photo 9: Préparation des flacons du Test d'inhalation (Original, 2022)

3.2.7. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott

Afin de trouver l'efficacité d'un produit traité, il est nécessaire de corriger la mortalité des adultes de l'insecte traités, car le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par la substance toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Pour cela, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés, la formule à suivre est :

$$MC(\%) = [MO - Mt / 100 - Mt] * 100$$

Avec :

MC : Pourcentage De Mortalité Corrigée.

MO : mortalité dans la population traitée avec l'huile.

Mt : mortalité dans le témoin non traité.

3.2.8. Détermination de la DL50

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la DL50 qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite par le tracé de la droite de régression **mortalité/dose**. De ce fait, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probit selon la méthode de **Finney (1952)**, en utilisant le logiciel GraphPad Prism.

Chapitre V

Résultats et discussion

Chapitre V. Résultats et discussion**1. Le rendement de l'extraction en huile essentielle**

Le rendement obtenu en huile essentielle après extraction par Hydrodistillation de 100 g de poudre de l'écorce (zest) de l'orange sanguine (*Citrus sinensis tarroco*) était de l'ordre de 1.51 %. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 06 : Résultat de rendement de l'HE de *C. sinensis tarroco*

Masse de matière sèche en (g)	Masse de l'huile essentielle en (ml)	Rendement de l'huile essentielle (%)
100	1.51	1.51

Nos résultats, le rendement obtenu (1.51%) est inférieur à ceux trouvés par **Ouchekdid (2021)** et **Ziadi & Mayouche (2021)** qui ont respectivement de l'ordre de 2.77% et 2.36% des rendements calculés pour 100g de matière sèche (de l'écorce en poudre) des deux espèces *C. sinensis* (orange douce) et *C. tranculata* (mandarine) de la région d'El Tarf (nord-est de l'Algérie).

Comparant à d'autres régions notre espèce donne un rendement très notable, il est plus élevé par rapport à celui trouvé par **Bousbia en 2011** qui est de l'ordre de 1.1%. Les résultats de **Kamal et al., (2011)**, ont montré un rendement très faible (0.5%) de l'HE extrait à partir des écorces séchées des échantillons de la Malaisie. Aussi ceux de **Jeannot et al. (2005)** ; **Fuselli et al. (2008)** qui ont rapportés des rendements en HE des écorces des oranges douces de *C. sinensis* de l'ordre de 0.6% et 0.8% respectivement.

En 2019, les travaux de **Bouakkaz et Guesmi** ont montré un rendement en HE de l'ordre de 0.73%, des écorces d'orange sanguine,, basant sur la même méthode d'extraction par Hydrodistillation de la matière végétale sèche.

Ces différences entre les résultats peuvent être expliquées par le fait que les rendements d'huiles essentielles sont influencés par plusieurs facteurs lors de leur extraction : soit des facteurs qui concernent la plante (espèce, variété, race chimique, etc.) soit des facteurs liés aux conditions expérimentales (procédé d'extraction, durée d'extraction, etc.). Cette différence pourrait être expliquée selon **Kelen et**

Tepe (2008) par le choix de la période de récolte car elle est primordiale en termes de rendement et qualité de l'H.E. Le climat, la zone géographique, la génétique de la plante utilisée, le degré de fraîcheur, la période de séchage, la méthode d'extraction employée, etc. Ce sont des facteurs entre autres qui peuvent avoir un impact direct sur les rendements en H.Es (Vekiari et al., 2002).

Nos résultats confirment la richesse de notre région et la bonne qualité des agrumes.

2. Effet des huiles essentielles par répulsion

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle testée sont récapitulés au niveau du tableau 7. Ces résultats montrent une variation dans la réponse des adultes de *Tribolium Confusum* aux différentes doses (1 , 2,5 , 5 et 7.5 μ l) de l'HE de l'orange sanguine ont occasionné respectivement 70 , 83,33, 86,66 , 93,33 de répulsion vis-à-vis des adultes de *Tribolium Confusum* (Fig 25.) . ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose 1 μ l .

Tableau 07. Nombre moyen d'adulte recensés dans le papier filter à différentes concentration de l'huile essentielle testée de l'orange sanguine *Citrus sinensis tarroco* et les pourcentages de répulsion de chaque dose.

La dose (μ l)	Nombre d'individus		Pourcentage de répulsion (%)
	Partie non traité (acétone)	Partie traité (acétone + huiles essentiels)	
1 μ l	17	3	70 %
2,5 μ l	18.33	1.66	83,33%
5 μ l	18.66	1.33	86,66%
7,5 μ l	19,66	0,33	93,33%



Photo 1: Test répulsif de l'huile essentielle testée de l'orange sanguine *Citrus sinensis tarroco* à l'égard de l'insectes *Tribolium Confusum* (originale . 2022)

Huile	<i>L'orange tarroco Citrus sinensis</i>
Taux de répulsion	83,33 %
Classe de répulsion	Classe V
Effet	Très répulsive

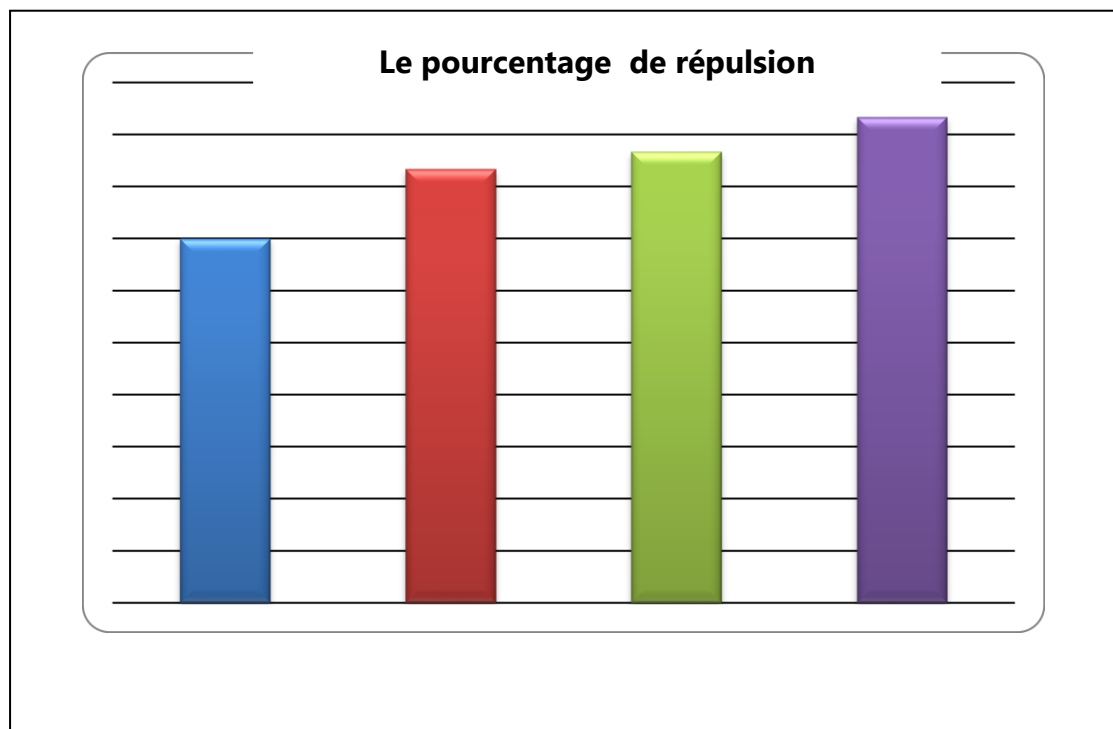


Figure 1: le pourcentage de répulsion des adultes de *Tribolium Confusum* traités avec les différentes concentrations de l'HE de l'orange sanguine *Citrus sinensis tarroco*

Dans cette étude nous avons évalué l'effet répulsif de l'HE d'une plante d'agrume *Citrus sinensis tarroco* (l'orange sanguine) vis-à-vis de l'insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium Confusum*. Selon le classement de **McDonald et al.** (1970), notre huile essentielle est très répulsive, elle appartient à la classe (V), avec un taux de répulsion de **83,33 %**, ces données confirment l'effet bioinsecticides de l'HE de *Citrus* testé à l'égard de *T. confusum* avec un effet dose qui est observé dans tous les cas testés.

Comparant aux résultats de **Ouchekdid** en 2021, qui ont révélé un effet répulsif avec un pourcentage de répulsion (67%) appartient à la classe IV. l'HE de l'orange sanguine est noté plus répulsif,

De même, les travaux de **Mellouk & Zaatout (2020)**, ont montré que le *C. limonum* est répulsive, avec un pourcentage appartient à la classe (IV). Cependant, l'HE de *Citrus sinensis* est modérément répulsive avec un taux de rendement appartient à la classe III.

D'après **Nadmo et al.** (2009), les effets toxiques et répulsifs des huiles essentielles pourraient dépendre de sa composition chimique et du niveau de sensibilité durant le cycle de développement de l'insecte ravageur. En effet les huiles essentielles de citron et d'orange sont particulièrement riches en limonène, qui s'est révélé être l'un des composés les plus toxiques parmi les autres monoterpènes contre les adultes de *T. confusum*. (**Stamopoulos et al .,2007**).

3. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle *Citrus sinensis tarocco* par fumigation contre les adultes de *Tribolium confusum*

Nous constatons que l'effet de l'huile essentielle *C. sinensis tarocco* vis-à-vis des adultes du ravageur *T. confusum* a montré une activité bioinsecticide intéressante, une dose de 21 µL de cette huile été suffisante pour provoquer la mort de *l'ensemble* des individus traités.

Dans les flacons traité la survie de *T. confusum* s'échelonne entre 24h à 72h, alors que dans les flacons témoin aucune mortalité n'a été observé.

L'absence de mortalité au niveau du témoin montre que notre test est fiable pour l'étude de l'effet insecticide de l'huile essentielle testé. L'effet fumigant de l'HE de l'orange sanguine s'observe dès la plus faible concentration (80µL/L air) et après 24h avec 10 % de mortalité.

Les mortalité obtenue due aux traitement par l'HE varient progressivement avec augmentation des doses et du temps d'exposition (fig 26).

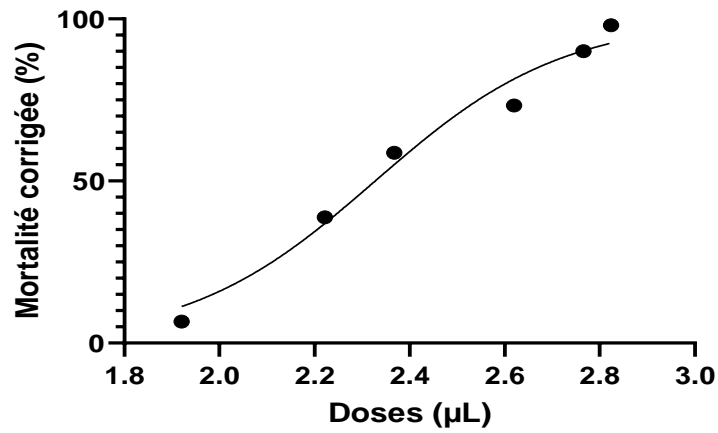


Figure 2: Courbe doses- réponse après 24h

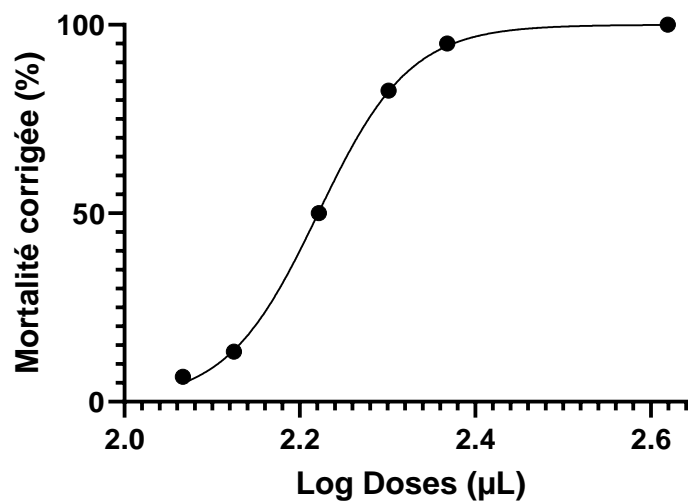


Figure 27 : Courbe dose-réponse après 48h

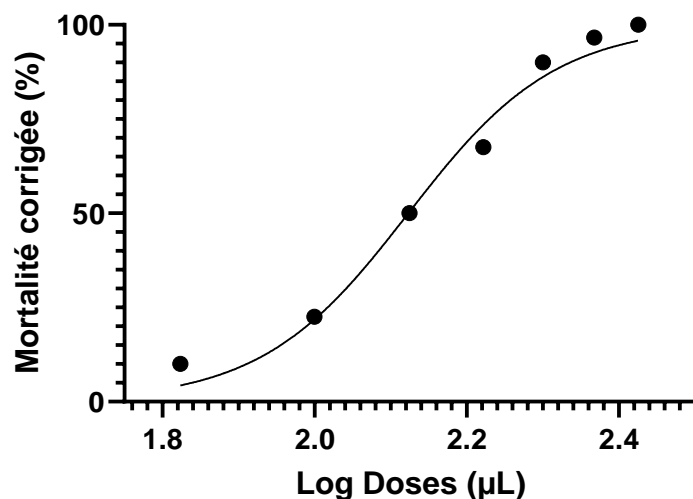


Figure 28 : Courbe doses- réponses après 72h

Dans le cas de la létalité, comme la plupart des effets toxiques, la courbe dose-réponse à une forme sigmoïde.

Le tableau suivant, présente la concentration létale 50, l'intervalle de confiance et la corrélation entre les doses R, après 24h, 48h et 72h ; la CL50 a été calculé à partir des droites de régressions selon le logiciel Graphpad Prism.

Tableau 08. Evaluation de l'activité insecticide de l'HEs *Citrus sinensis* sur *Tribolium confusum* pendant trois périodes de temps différentes

Temps d'exposition Effets	Dose Létale 50% (CL50)	Intervalle de confiance (EC50)	Coefficient de détermination R
24 heure	212.6	175-255.2	0.97
48heurs	166.3	164.7-167.9	0.99
72heurs	132.8	122.7-142.8	0.98

Nos résultats confirment celles trouvés par **Oboh et al. (2017)**, le pourcentage de mortalité a été augmenté avec l'augmentation de la concentration et du temps d'exposition, tandis que la CL50 était de l'ordre de 38.90% chez *Tribolium confusum* après 24h d'exposition, où la dose 150 µL/L de l'HE de *C. sinensis* était suffisante pour tuer 100% de la population étudiée.

Théou et al. (2013) visait à évaluer l'activité insecticide par fumigation de cinq huiles essentielles d'agrumes contre le ravageur de la farine *Tribolium confusum* Du Val, après 24, 48, 72 heures et 7 jours d'exposition de chaque huile essentielle. Ils ont pu confirmer un effet insecticide très efficace contre les adultes ainsi que les différents stades larvaires.

Hazarat et al, (2015), a montré que la présence du limonène dans les extraits d'agrumes est donc un indicateur significatif pour la lutte contre les parasites, et qu'elle doit être exploitée davantage ; ils ont pu enregistrer une DL50 de l'huile essentielle *C. sinensis* sur le ravageur *T. castaneum*, de l'ordre de 11.79 % vis-à-vis les adultes, et 106.85 % contre les différents stades larvaires.

Cependant, plusieurs études ont montré que les HEs de *Citrus* sp. Possèdent une activité insecticides remarquable ; d'après **Himashree et al. (2011)** la CL50 des HEs provenant de l'écorce de différentes *Citrus* ont été testé contre la tique femelle de bétail au niveau de différents stades larvaires étaient entre 52.6 et 71.2 µL/L.

Bien que plusieurs insecticides à base plante aient été rapportés dans le monde entier, il reste encore beaucoup à faire pour l'étude des plantes végétaux plus puissants avec activité accrue, respectueux de l'environnement, qui pourraient remplacer les produits chimiques synthétiques indésirable.

A Bagdad, **Ibrahim (2014)**, a réalisé une étude pour déterminer l'effet de la poudre d'écorce de *C. sinensis* sur le ravageur *T. confusum*, l'effet a été évalué avec des concentrations différentes qui sont causées la mortalité de 40 % de population traité insectes dans 3 jours.

De plus, **Yunes & Ramin (2012)** ont testé l'effet de l'HE de *C. sinensis* sur trois types d'insectes les plus communes de produits stockées : *Tribolium confusum* , *Callosobruchus maculatus* et *Rhyzopertha dominica*, les résultats ont montré que les écorces d'agrumes ont des propriétés médicinales et insecticides. Ils ont constaté que les adultes de *R. dominica* sont plus sensibles que *T. confusum* à l'HEs.

Ces résultats suggèrent que l'HE de l'écorce des oranges sanguine de la région d'El Tarf est un fumigant potentiel et qu'elle peut être utilisée comme un pesticide sur les insectes ravageur des produits stockés.

A la lumière des résultats obtenus, on peut suggérer l'usage des huiles essentielles, en particulier dans les entrepôts de stockage des grains avec l'alternative que présentent les substances naturelles des agrumes en particulier.

CONCLUSION

VI. CONCLUSION

Au cours de ces dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche de phytoinsecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

Notre travail s'inscrit principalement dans le cadre des méthodes alternatives pour la lutte contre les insectes ravageurs des céréales stockées, et pour limiter les inconvénients d'utilisation des insecticides chimiques.

L'extraction de l'huile essentielle de la poudre du zeste de l'orange sanguine par hydrodistillation a donné un rendement notable de 1.51%.

Selon le classement de **McDonald et al.** (1970), L'HE de l'espèce *Citrus sinensis tarocco* à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* est très répulsive, elle appartient à la classe (V), avec un taux de répulsion de **83,33 %**.

La concentration létale 50 (CL50), l'intervalle de confiance et la corrélation entre les doses R, après 24h, 48h et 72h d'exposition ; ont été calculé à partir des droites de régressions selon le logiciel *Graphpad Prism 9.4*. Plusieurs concentration d'HE ont été testée après 24 h, 48 h et 72 heures, la CL50% étaient respectivement de 212.6, 166.3, et 132.8. Nos résultats sont très encourageant et permettront une meilleure valorisation des écorces de l'orange qu'elles constituent des sous-produits peut être utilisé comme des bio-insecticides sur les ravageurs des produits stockées et plus particulièrement *Tribolium confusum* DuVal.

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire, ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Et pour atteindre compléter les traitements réalisés, nous recommandons quelques recherches complémentaires :

- Evaluer l'activité des huiles essentielles des agrumes de la région d'El Tarf, sur d'autres stades de développement de l'insecte (œufs, larve, nymphe) du *Tribolium confusum* et/ou d'autres insectes ravageurs primaires de grains stockés.
- Réaliser une étude phytochimique et toxicologique des huiles essentielles en basant sur d'autres modes de traitement tel les traitements par contact par ingestion ...etc. Valoriser les composants principaux des huiles essentielles, par chromatographies.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Amrani, T. (2017).** Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Agustí, M. Zaragoza, S. Bleiholder, H. Buhr, L.Hack, H. Klose, R. et Staub, R. (1997).** Adaptation de l'échelle BBCH à la description des stades phénologiques des agrumes du genre *Citrus*. *Fruits*, 52(5), 287-295.
- **Arab ,K .et Demmouche ,L.(2020) ,** Séchage et infusion de quelque matrice végétale : étude de cas de l'orange sanguine *cirus sinensis L.Osbeck* .
- **Abbot W.S. (1925).** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.*,18, pp 265-267.
- **Anonyme (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, *Itcf*. 268P.
- **Anonyme (1955).** Les ravageurs des grains entreposés, *Cret*. 54pp.
- **Auger, J.C., Cadoux, F. et Thebout E. (1999).** Thiosulfirate as substitute fumigants for methyl bromide, *Pesticide Science*. Vol 55 : 200-202.
- **Auger, J.C., Cadoux, F. et Thebout E. (1999).** Thiosulfirate as substitute fumigants for methyl bromide, *Pesticide Science*. Vol 55 : 200-202.
- **Balachowsky, A. (1939).** Entomologie appliquée a l'agriculture ,*masson et cie*, paris. 1921p.
- **Bouzouita ,N. Kachouri ,F. Ben Halima ,M. et Chaabouni, M.M.(2008)** Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *J. Soc Pharmacognosie. Chim. Tunis*. PP119-125.
- **Bruneton ,J .(1999).**phytochimie, plantes médicinales, Ed. Technologie et documentation. Lavoisier, 385-623.
- **Bouamer ,A .Bellaghit, M.et Mollay ,A. (2004)** -Etude comparative entre l'huile essentielle de la menthe verte et la menthe poivrée de la région de Ouargla ; Mémoire DES Unive. Ouargla, p 2-5 ; 10 ; 19 ; 21-22.
- **Bouakkaz , S .et Guesmi ,O .(2019),**Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne des huiles essentielles d'orange . Master , Université Larbi Tébéssi , Tebessa .
- **Brahimi,N .et Dahmani,H.(2018).**Cinétique de séchage conventionnelle des fines tranches d'orange sanguine Moro *citrus sinensis (L.) osbeck* ,et étude de l'activité antioxydante.(Master ,université akli mahned oulhadj ,bouira .

- **Bousbia, N.(2015)**. Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de coproduits agroalimentaires. Thèse co-tutelle présentée pour obtenir le grade de docteur en sciences. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique : p. 35.
- **Bejar, A. K. Ghanem, N. Mihoubi, D., Kechaou, N. et Mihoubi, N. B. (2011)**. Effect of infrared drying on drying kinetics, color, total phenols and water and oil holding capacities of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. International journal of food engineering, 7(5).
- **Bousbia, N.(2011)**. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon; Institut national agronomique El Harrach.
- **Champ, B. et Dyte, E. (1976)**. Report of the fao global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests, 297.
- **Choi, M., Kim, G., et Lee, H., (2002)**. Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. Food Research International, 35(8), 753-759.
- **Cardenas,J.(2017)**.Huile essentielles d'orange sanguine :propriété et utilisations. Disponible sur : <https://www.doctissimo.fr/sante/aromatherapie/guide-huiles-essentielles/huile-essentielle-d-orange-sanguine>
- **Delobel, A. et Tran, M. (1993)**. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, *Orstom/Cta. Faune Tropicale*.Vol 32.
- **Ducom, P. (1982)**. La protection phytosanitaire des grains après récolte : défense des cultures. *Phytoma*. Vol, 133 (1) : 32-37.
- **Djarallah,M.et Bensaci,M.(2020)**.Utilisation des huiles essentielles dan la lute biologique, Université Kasdi Merbah-Ouargla-Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière Département de chimie.
- **Echouchaoui,M.(2018)**.Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles, thèse de doctorat, université Barat,PP 60-70.
- **El Ajjouri, M. Satrani ,B. Gaanmi M. Aafi ,A. Farah ,A. Rahouti ,M. Amarti, F.**
- **Aberchane ,M.(2008)**. Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherinus* pomel et *Thymus capitatus* (L). Hoffm : & link contre les champignons

de pourriture du bois d'oeuvre. *Biotechnologies, Agronomie, Société et environnement* 12(4). PP 345-351.

- **Faucon, M. (2015).**Traité d'aromathérapie scientifique et médicale : Fondements & aide à la prescription. (Édition sang de la terre, Paris,).PP 39-455.
- **Fakhari,A.R, Peyman, S. Rouhollah ,H. Samad, N. E. Paul ,R. (2005).**
- Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the
- essential oil components of *Lavandula angustifolia* Mill. *Journal of Chromatography A* 1098(1): Pp. 14-18.
- **Finney, D. J. (1952).**Probit Analysis. Cambridge, England, Cambridge University Press.
- **Gwinner, J . Hamisch, R . et Muck, O. (1996).** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, *GTZ, Eschborn*.368p.
- **Guillaume, F.(2011).** Fondation d'entreprise pour la protection et la valorisation du patrimoine végétal. (« Découvre le chemin des plantes » Guide des agrumes): p. 11.
- **Grigelmo-Miguel, N. et Martín-Belloso, O.(1999).** Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. *LWT-Food Science and Technology*, 32(8), 503-508.
- **Hamidi,F .et Limam,F.(2018),**Etude phytochimique et pouvoir antioxydant de l'écorce d'orange et citron . (Master ,université Abed el hamdi Ibn badis , Mostaganem) .
- **Hamdani ,S.(2018).**Etude chimique et activité antioxydante des huiles essentielles des agrumes cultivés dans la région de tlemcen .Master , université Abou- Beker Belkaid ,Tlemcen .
- **Haddouchi,F. et Benmansour, A.(2008).** Huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. *Les technologies de laboratoire* (8) .PP 20-27.
- **Idjeri, L. (2017).** Toxicité de l'huile essentielle de romarin (*rosmarinus officinalis*) sur les adultes de *tribolium confusum*, *Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*.
- **Kechroud ,M.(2012)** .Effet insecticide des huiles essentielles de *pinus nigra* Arl Ssp . *Mauritania maire Peyer* sur les ravageurs des denrées stockés. Master,Université abdrahmane mira , Béjaia .

- **Kaloustian ,J.Chevalier , J.Mikail,C.Martino,M.Abou, L. (2008).**Study of six essential oils: Chemical composition and antibacterial activity. *J Phytothér* .PP 160-164.
- **Kimball, D.(1999).** *Citrus processing* . Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc. CrossRef Google Scholar.
- **Keita ,S.M.Vincent ,C. Schmit, J. PArnason, J.T. Bélanger ,A.(2001).**Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum L.* and *O. gratissimum L.* applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. Vol.37, n°4.PP 339-349.
- **Kallache, F. (1989).** Efficacité de quelques insecticides vis-à-vis de *Sitophilus ryzae* L., *Tribolium castaneum* sur blé stoké, *INA El Harrach*. 74p.
- **Lacoste, E. Chaumont , P. Maudin, D. Plemel, M . et Matos, j .(1996).** Les propriétés antiseptiques de l'huile essentielle de *Lippia sidoides*. *Cham* . Application à la microflore cutanée. *Annales Pharmaceutiques Frances*, 54(5) PP 228 -230.
- **Lucchesi, M.E. (2005).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes, conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat de en sciences. Université de la Réunion..
- **Lagha-Benamrouche, S.Addar, L. Boudershem, H.Tani, S. et Madani, K. (2017).** Caractérisation chimiques des écorces d'oranges, identification par GC-MS et évaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles. *Nature & Technology*(18), 28-35.
- **Lee, H. Carter, R. Barros, S. Dezman, D. et Castle, W.(1990).** Chemical characterization by liquid chromatography of Moro blood orange juices. *Journal of food composition and analysis*, 3(1), 9-19.
- **Lepesme, P. (1944).** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés, *Le Chevalier*, Paris. 61 - 67 pp.
- **Mcdonald, L.L. Guy, R.H. et Speirs, R.D. (1970).** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. *Marketing Research Report*.Vol(8):8.
- **Messaoudene, H. et Mouhou, N . (2017).** Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées, *Université Abderrahmane MIR-Bejaia* .
- **Millet, F.(2014) .** Huiles essentielles et essence de citronnier (*Citrus limon (L.)* Burm.(f). *Phytothérapie*. 12(2): p. 89-97.

- **Mebarka,L.(2018).** Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d’*Ammiopsisaristidis* Coss. (Syn. *Daucus aristidis* Coss.) et d’*Achillea santolinoides* Lag, Thèse de doctorat, Université de Sétif.
- **Marie,L. (2005)** - Thèse sur : Extraction sans solvant assistée par Microondes
- conception et application à l’extraction des huiles essentielles, université de la Réunion,France.
- **Nerio, L.S. Olivero-Verbel, J.et Stashenko, E.E. (2010).** Repellent activity of essential oils: A review, *Bioresource Technology*. 101(1) : 372–378.
- **Ouchekdhidh ,Y.(2021).**Evaluation de l’effet répulsif et insecticide de l’huile essentielle de *citrus sinensis* sur les adultes de l’insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium confusum* duval (coleoptera : Tenebrionidae). Master ,université chadli benjedid ,El Taref .
- **Oussadi,Y.et Moukdad,N.(2019),** Evaluation in vitro de l’effet insecticide du romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de la sauge (*Salvia officinalis*) vis-à-vis du puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*). Faculté des sciences de la nature et de la vie de moustaganem Département d’agronomie.
- **Pavida ,D. Lampman , G.M et Kriz ,G.S. (1976).** Introduction to organic laboratory techniques. W.B. Saunders Co. Philadelphia, USA. 567-573.
- **Piochon, M.(2008).** Etude des huiles essentielles d’espèces végétales de la flore Laurentienne:composition chimique, activités pharmacologiaues et hémi-synthèse. Mémoire, Université du Quebec à Chicoutimi, Canada.
- **Remini, H. Mertz, C.Belbahi, A.Achir, N.Dornier, M.et Madani, K.(2015).** Degradation kinetic modelling of ascorbic acid and colour intensity in pasteurised blood orange juice during storage. *Food chemistry*, 173, 665-673.
- **Robecca, B. Thomas, F. et Andrew, K. (2003).** Guide de gestion de la floride d’insectes ravageurs des grains entreposés, *Université De La Floride*.
- **Saunt, J.(1990).***Citrus* varieties of the world. An illustrated guide: Sinclair International Ltd .
- **Salunkhe, D .et Kadam, S. (1995).**Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage, and processing: CRC press.
- **Semsar (2013),** Effet insecticide de l’huile végétale d’argan (*Argania spinosa*) à l’égard de deux insectes ravageurs du blé. *Universite Mouloud Mammeri*.

- **Steffan, J.R. (1978).** Description et biologie des insectes et les acariens des céréales stockées, *Afnor et I.T.F.C.* Vol (4): 1-62.
- **Titta, L. Trinei, M. Stendardo, M. Berniakovich, I. Petroni, K.Tonelli, C. et Pelicci, P.(2010).** Blood orange juice inhibits fat accumulation in mice. *International Journal of Obesity*, 34(3), 578.
- **Wang, Y.C.Chuang, Y.C. et Hsu, H.W.(2008).** The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of *citrus* cultivated in Taiwan. *Food chemistry*, 106(1), 277-284.
- **Yennek,Y. et Belhadj ,Z . (2018) .** Effet insecticide de trois huiles essentielles de la famille des *myrtacées* sur les adultes et les larves âgées de *tibolium confusum* .Master , Université de Mouloud mammeri , Tizi ousou .
- **Yennek, Y . et Belhadj, Z . (2017).** Effet insecticide de trois huiles essentielles de la famille des myrtacées sur les adultes et les larves âgées de *Tribolium confusum*, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Yahyaoui, N. (2005) -** Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha Spicata (L.)* sur *Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera, Bostrychidae)* et *Tribolium confusum (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae)*.Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach.
- **Zhiri ,A. etBaudoux, D. (2005).** Huiles Essentielles chémotypées et leurs synergies: a r o m a t h é r a p i e s c i e n t i f i q u e Edition Inspir Development - ISBN : 2-919905-27-9. 88pages.